Environment Canada
Environmental Protection Service

Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada Environnement Canada
TECHNOLOGY DEVELOPMENT REPORT EPS 4-EP

A Winter Evaluation of Oil Skimmers and Booms

Canada

Technology Development
Report EPS 4-EP-84-1

Environmental Protection Programs Directorate
February 1984

ENVIRONMENTAL PROTECTION SERVICE REPORT SERIES

Technology Development Reports describe technical apparatus and procedures, and results of laboratory, pilot plant, demonstration or equipment evaluation studies. They provide a central source of information on the development and demonstration activities of the Environmental Protection Service.

Other categories in the EPS series include such groups as Regulations, Codes, and Protocols; Policy and Planning; Economic and Technical Review; Surveillance; Training Manuals; Briefs and Submission to Public Inquiries; and, Environmental Impact and Assessment.

Inquiries pertaining to Environmental Protection Service Reports should be directed to the Environmental Protection Service, Department of the Environment, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 1C8.

A WINTER EVALUATION OF OIL SKIMMERS AND BOOMS

by the

Technical Services Branch
Environmental Protection Service
Environment Canada

February 1984
EPS 4-EP-84-1

© Minister of Supply and Services Canada 1984
Cat. No. En 48-4/84-1E
ISBN 0-662-13026-X
BEAUREGARD PRESS LIMITED

ABSTRACT

Five mechanical oil recovery devices and six oil containment barriers were evaluated in the vicinity of St. John's, Newfoundland, during March and April of 1980. Testing was conducted in a refinery settling pond, in St. John's Harbour, and in the coastal waters immediately beyond the harbour entrance. The performance of a sixth skimmer was assessed during March in Mulgrave, Nova Scotia, while evaluation of one of the six oil booms originally tested was resumed in October of the same year in a test tank in the United States. Operational handling characteristics were determined and effectiveness was qualitatively assessed.

RÉSUMÉ

Cinq appareils de récupération mécanique des hydrocarbures et six barrages de retenue des hydrocarbures ont été évalués à proximité de St-Jean (Terre-Neuve) en mars et avril 1980. Les essais ont eu lieu dans le bassin de décantation d'une raffinerie, dans le port de St-Jean et dans les eaux côtières à l'extérieur du port. Un sixième écrémeur a été évalué en mars à Mulgrave (Nouvelle-Écosse) et l'un des six barrages a été soumis à d'autres essais en octobre de la même année aux installations du Oil and Hazardous Materials Simulated Environmental Test Tank (OHMSETT) aux États-Unis. Les caractéristiques de manutention opérationnelle ont été établies et l'efficacité des appareils a été qualitativement évaluée.

FOREWORD

The Newfoundland and Nova Scotia field trials of equipment were conducted by Arctec Canada Ltd. of St. John's, Newfoundland, and Eastern Marine Services Ltd., Musquodoboit Harbour, Nova Scotia, with the assistance of the Canadian Coast Guard and under the direction of Environment Canada. The tank tests were conducted by the US Environmental Protection Agency for Environment Canada. Computation of drag coefficients and final report compilation were undertaken by S. L. Ross Environmental Research Ltd. of Ottawa, Ontario. This is a combination of two draft reports - one by Arctec Canada involving R. Abdelnour, B. Roberts, W. Wallace and W. Purves, and the other by OHMSETT involving M. Borst. The two reports were compiled by L.B. Solsberg. The final report has been reviewed and edited by K.M. Meikle, Technical Services Branch, Environmental Protection Service.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to W. Ryan of the Canadian Coast Guard in St. John's and his team for their support and effort during the trials. The assistance provided by R. Gregory and J. Snow of the Ultramar Canada refinery in Holyrood and the equipment manufacturers' representatives who loaned equipment and were present during the tests is also acknowledged. So too are Dr. C. McKindra of the US Coast Guard, who helped to arrange the New Jersey test tank evaluations, and E. Bent of the Canadian Coast Guard in Mulgrave, Nova Scotia, who helped with the work conducted there.

TABLE OF CONTENTS

		Page
ABSTRACT		i
RÉSUMÉ		ii
FOREWORD		iii
ACKNOWLEDGEMENTS		iv
LIST OF FIGURES		vii
LIST OF TABLES		ix
1	INTRODUCTION	1
2	SKIMMER TESTS	7
2.1	Methodology	7
2.2	The Little Giant	11
2.2.1	Operating Principle and Specifications	11
2.2.2	Test Results	13
2.2.3	Discussion	18
2.3	The Destroil	19
2.3.1	Operating Principle and Specifications	19
2.3.2	Test Results	20
2.3.3	Discussion	21
2.4	The Slicklicker	23
2.4.1	Operating Principle and Specifications	23
2.4.2	Test Results	25
2.4.3	Discussion	25
2.5	The Skim-Pak	29
2.5.1	Operating Principle and Specifications	29
2.5.2	Test Results	30
2.5.3	Discussion	30
2.6	The Morris MI-80	35
2.6.1	Operating Principle and Specifications	35
2.6.2	Test Results	37
2.6.3	Discussion	38
2.7	The Arctic Skimmer	44
2.7.1	Operating Principle and Specifications	44
2.7.2	Physical Construction	44
2.7.3	Test Results	45
2.8	Skimmer Comparisons, Conclusions and Recommendations	48
3	BOOM TRIALS	51
3.1	Introduction	51
3.2	Methodology	51
3.3	The Arctic Marine Oilspill Program (AMOP) Boom	53

		Page
3.3.1	Description and Specifications	53
3.4	Zooom Boom	56
3.4.1	Description	56
3.5	Zooom/AMOP Boom Evaluations	58
3.5.1	Test Results - St. John's	59
3.5.2	Overview - St. John's Tests	65
3.5.3	Test Results - OHMSETT Trials	65
3.6	Albany Oilfence	69
3.6.1	Description and Specifications	69
3.6.2	Discussion of Field Trials	71
3.7	US Coast Guard Oil Boom	74
3.7.1	Description and Specifications	74
3.7.2	Discussion of Field Trials	75
3.8	Troilboom	80
3.8.1	Description and Specifications	80
3.8.2	Discussion of Field Trials	85
3.9	Vikoma Seapack	86
3.9.1	Description and Specifications	86
3.9.2	Discussion of Field Trials	88
3.10	Boom Comparison	90
3.11	Boom Drag Coefficients	91
4	CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	96
4.1	Skimmer Test Program	96
4.2	Boom Evaluation Program	96
REFERENCES		98
APPENDIX I	OIL TYPES USED AT ST. JOHN'S, NFLD., AND THEIR PROPERTIES	99
APPENDIX II	LOG OF EVENTS AT ST. JOHN'S, NFLD.	103
APPENDIX III	WEATHER CONDITIONS AT ST. JOHN'S, NFLD.	107

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1	TEST LOCATIONS - NEWFOUNDLAND	2
2	TEST SETUP, HOLYROOD ULTRAMAR CANADA REFINERY	8
3	ARCEAST COLUMN	10
4	LITTLE GIANT: OIL COLLECTION PRINCIPLE	12
5	DETAIL OF LITTLE GIANT	13
6	LITTLE GIANT - GENERAL TEST LAYOUT	14
7	OIL RECOVERY RATE PER UNIT WIDTH VERSUS CHAIN SPEED (Little Giant Skimmer)	16
8	MEASURED AND CALCULATED OIL RECOVERY RATES (Little Giant Skimmer)	17
9	DESTROIL: COLLECTION WEIR AND ARCHIMEDIAN SCREW FOR TRANSFER	19
10	DESTROIL UNDERGOING TESTS	21
11	DESTROIL CONSTRUCTION FEATURES	22
12	SLICKLICKER: MOVING BELT	24
13	OIL RECOVERY RATES PER UNIT WIDTH VERSUS BELT SPEED	26
14	SLICKLICKER SKIMMER	28
15	SKIM-PAK: HYDRO-ADJUSTABLE WEIR FOR COLLECTION AND A PUMP FOR TRANSFER	29
16	MODES OF OPERATION OF SKIM-PAK	31
17	ACTUAL OIL RECOVERY RATE (Q_o) VERSUS OIL SLICK THICKNESS (b) FOR SKIM-PAK	33
18	OIL CONTENT FACTOR CURVES FOR SKIM-PAK	34
19	MORRIS MI-80: HYDRO-ADJUSTABLE WEIR AND OLEOPHILIC DISCS FOR COLLECTION AND HYDRAULIC PUMP FOR TRANSFER	36
20	MORRIS MI-80 SKIMMER	37

Figure		Page
21	VERSATECH SKIMMER: TWO BELT SYSTEM AND PUMP	45
22	THE VERSATECH ARCTIC SKIMMER	47
23	LAYOUT FOR OHMSETT TESTING	55
24	GENERAL CONSTRUCTION FEATURES: SELF-INFLATING BOOMS	57
25	BOOM DEPLOYMENT MODULE UNDER TOW	58
26	TOWING RESISTANCE OF THE ZOOOM AND AMOP BOOMS	62
27	BOOM TOWING RESISTANCE AS A FUNCTION OF TOWING SPEED AND GAP WIDTH	64
28	ESTIMATED LOSS RATE OF THE ZOOOM BOOM IN CALM WATER CONDITIONS	67
29	ESTIMATED LOSS RATE OF THE ZOOOM BOOM IN ALL ENVIRONMENTAL CONDITIONS	68
30	CONSTRUCTION FEATURES OF ALBANY OILFENCE	70
31	RESISTANCE OF THE OILFENCE VERSUS TOWING SPEED	73
32	US COAST GUARD BOOM DETAIL	76
33	RESISTANCE OF THE US COAST GUARD BOOM VERSUS TOWING SPEED	79
34	CONSTRUCTION DETAILS OF TROILBOOM	82
35	TROILBOOM CATENARY TOWING FORCE VERSUS TOWING SPEED	83
36	TROILBOOM BEING DEPLOYED	84
37	CROSS SECTION OF VIKOMA SEAPACK	87
38	EFFECTIVE DRAG COEFFICIENTS (CATENARY TOWING)	94
39	EFFECTIVE DRAG COEFFICIENTS (IN-LINE TOWING)	95

LIST OF TABLES

Table		Page
1	SUMMARY OF SKIMMER EVALUATION PROGRAM	7
2	LITTLE GIANT SKIMMER TEST RESULTS	15
3	SLICKLICKER TEST RESULTS	25
4	SKIM-PAK TEST RESULTS	32
5	MORRIS MI-80 SKIMMER TEST RESULTS	39
6	RATING OF THE SKIMMERS EVALUATED	49
7	PHYSICAL PROPERTIES OF OHMSETT TEST OIL	54
8	TOWING FORCES AMOP/ZOOOM BOOM STRAIGHT LINE TEST RESULTS	61
9	TOWING FORCES AMOP/ZOOOM BOOM CATENARY TEST RESULTS	63
10	TEST RESULTS - OHMSETT TRIALS	66
11	TOWING FORCES, ALBANY OILFENCE STRAIGHT LINE TEST RESULTS	71
12	TOWING FORCES, ALBANY OILFENCE CATENARY TEST RESULTS	72
13	TOWING FORCES, USCG BOOM STRAIGHT LINE TEST RESULTS	77
14	TOWING FORCES, USCG BOOM CATENARY TEST RESULTS	78
15	TOWING FORCES, TROILBOOM CATENARY TEST RESULTS	81
16	TOWING FORCES, VIKOMA SEAPACK CATENARY TEST RESULTS	89
17	RATING OF THE BOOMS EVALUATED	91

NOMENCLATURE

V	= total volume of oil spilled (m^3)
V_L	= volume of liquid recovered (m^3)
V_G	= volume of gross oil recovered (m^3)
V_o	= volume of actual oil recovered (m^3)
$O.C.F.$	= oil content factor V_o/V_L(%)
Q_L	= liquid recovery rate (m^3/h)
Q_G	= gross oil recovery rate (m^3/h)
Q_o	= actual oil recovery rate (m^3/h)
$W\%$	= gross water content (by centrifuge) (%)
b	= oil slick thickness (mm)
L	= litres
μ_o	= viscosity of the oil (Pa•s)
μ_w	= viscosity of the water (Pa•s)
t_w	= water temperature (°C)
t_o	= oil temperature (°C)
t_a	= air temperature (°C)
T	= time (seconds)
Av	= speed (m/s)
a	= slope
B	= width of the skimmer inlet (m)
ρ	= fluid density (kg/m^3)
ρ_o	= density of oil (kg/m^3)
ρ_w	= density of water (kg/m^3)
Ω	= disc rpm (revolutions per minute)
$O.R.F.$	= oil recovery factor (actual oil recovery V_o/oil spilled V)
C_D	= drag coefficient
N	= newtons
F	= total drag force (N)
A	= submerged surface area of boom, corrected for towing configuration (m^2)
Re	= Reynolds number

1 INTRODUCTION

The Environmental Protection Service of Environment Canada has participated in the development and evaluation of oil spill technology since 1973. Field trials are part of this effort and are carried out by contractors hired to test commercially available products. In most cases, logistical support has been provided by the Canadian Coast Guard. Recently, much of this work has been part of the Environmental Protection Service's Arctic Marine Oilspill Program (AMOP).

This project was specifically directed at assessing booms and skimmers designed, with several exceptions, for cold weather and/or Arctic application. The St. John's, Newfoundland, locale was selected as a test site during the months of March and April for several reasons. Open water is present at that time of year, yet the weather encountered permits the study of important operational characteristics and limitations in winter conditions typical of many Canadian regions. In addition to the more obvious open ocean test area, both St. John's Harbour and a settling pond at the nearby Ultramar Canada refinery in Holyrood (see Figure 1) were utilized since they provided the opportunity to examine equipment in a preliminary, controlled phase. The capability of devices could be observed in calm water and a decision made on the feasibility of further evaluation under more severe stressing in the exposed ocean environment.

The Mulgrave, Nova Scotia, Coast Guard base was used for part of the testing because the skimming machine to be assessed was stored there, and the help of personnel who had experience with the device was more readily available.

One boom was subjected to further testing under controlled conditions in the US Environmental Protection Agency's Oil and Hazardous Materials Simulated Environmental Test Tank (OHMSETT) facility to observe and quantify oil loss mechanisms from vantage points above and below the water's surface.

In all, six mechanical skimmers were selected for evaluation. These were:

(1) **Little Giant** (a converted harvesting machine)

Developed and provided by:

Canadian Coast Guard Base
Prescott, Ontario
K0E 1T0
Canada

tel. (613) 925-2865

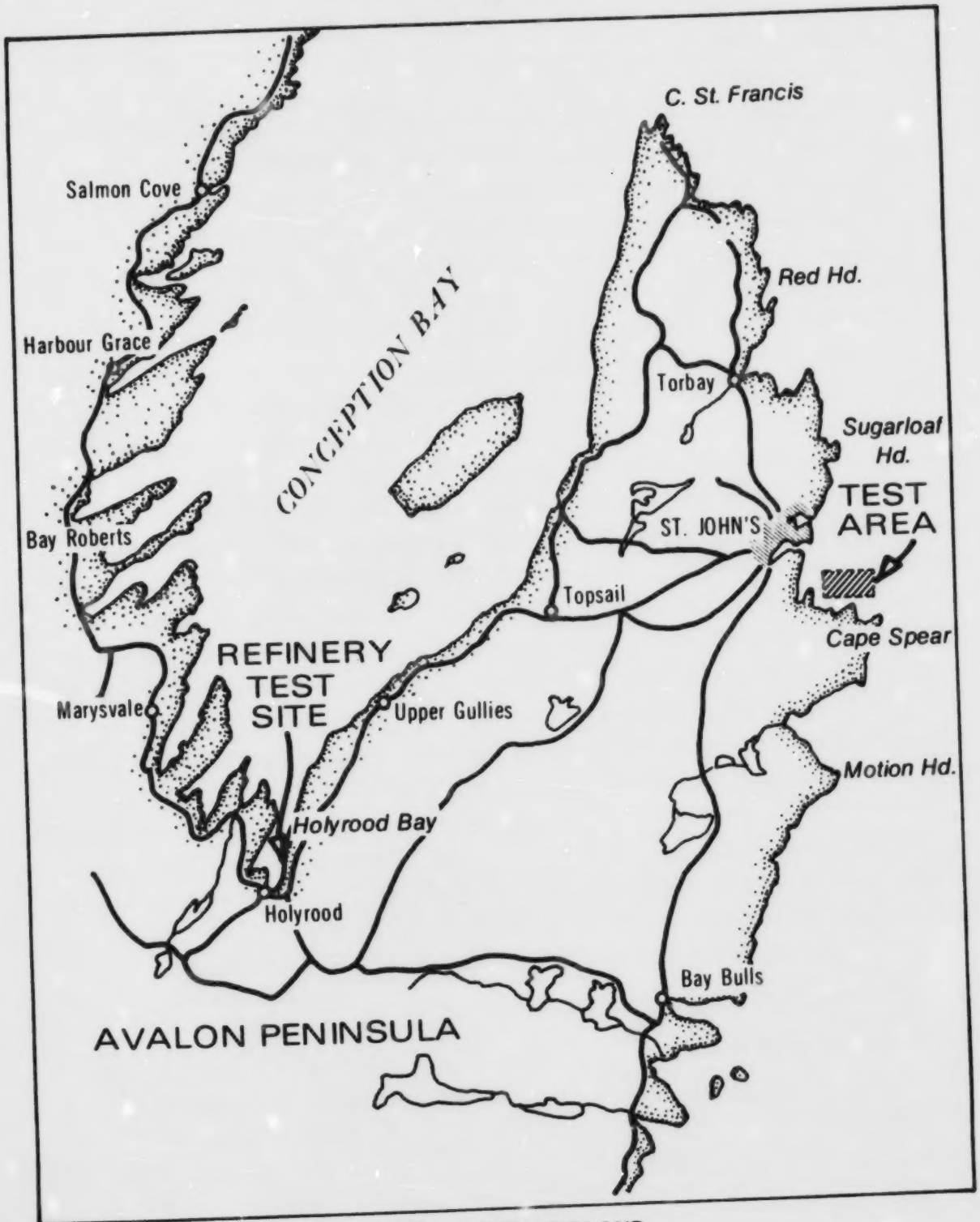


FIGURE 1 TEST LOCATIONS - NEWFOUNDLAND

(2) **Destroil**

Provided by:

Hyde Products Inc.
810 Sharon Drive
Cleveland, OH 44145
USA

tel. (216) 871-4885

Manufacturer:

AB Gustaf Terling
St. Budhusgat
30.S-411 21
Goteborg, Sweden

tel. (031) 17 04 40

(3) **Slicklicker** (modified with steam injection)

Provided by:

Canadian Coast Guard
Box 69
Mulgrave, Nova Scotia
B0E 2G0
Canada

tel. (902) 747-3430

Manufacturer:

R.B.H. Cybernetics
(1970) Ltd.,
P.O. Box 4205
Postal Station A
Victoria, British Columbia
V8X 3X8
Canada

tel. (604) 478-3122

(4) **Morris MI-80**

Developed and provided by:

Morris Industries Ltd.
1527 Columbia Street
North Vancouver, British Columbia
V7J 1A3
Canada

tel. (604) 986-2189

(5) **Arctic Skimmer**

Developed and provided by:

Environmental Protection Service
Place Vincent Massey
Hull, Quebec
K1A 1C8
Canada

tel. (819) 997-3921

Manufacturer:

Versatech Products Inc.,
60 Riverside Drive
North Vancouver, B.C.
V7H 1T4
Canada

tel. (604) 929-5451

(6) **Skim-Pak**

Developed and provided by:

Douglas Engineering
5168 Brookside Lane
Concord, California 94521
USA

tel. (415) 827-9040

The objectives of this phase of the test program were:

- to evaluate each device's ability to recover oil in a cold environment;
- to observe operational performance, evaluate the construction and mechanical hardware used, and note any operating difficulty encountered during the tests; and
- to quantify oil collection performance by measuring the quality, rate and amount of recovered oil.

The results of the skimmer trials are presented in Section 2 along with other details of the devices and the evaluation program.

The six oil containment booms evaluated at St. John's were:

(1) **US Coast Guard Boom**

Provided by:

US Coast Guard
400-7 Street S.W.
Washington, DC 20590
USA

tel. (202) 426-1023

Manufacturer: B.F. Goodrich Company
500 South Main Street
D/0318
Akron, OH 44328
USA

tel. (216) 379-3575

(2) **Troilboom**

Developed and provided by:

Trelleborg AB
Fack, S-231 01 Trelleborg
Sweden

tel. 0410/510 00

(3) **Albany Oilfence**

Developed and provided by:

Albany International
Technical Fabrics Division
P.O. Box 1062
Buffalo, NY 14240
USA

tel. (716) 824-8484

(4) **Zooom Boom**

Developed and provided by:

Versatech Products Incorporated
60 Riverside Drive
North Vancouver, British Columbia
V7H 1T4
Canada

tel. (604) 929-5451

(5) **Arctic Marine Oilspill Program (AMOP) Boom**

Developed and provided by:

Environmental Protection Service
Place Vincent Massey
Hull, Quebec
K1A 1C8
Canada

tel. (819) 997-3921

Designer and manufacturer:
McAllister Engineering Ltd.
200A-256D Simpson Road
Richmond, British Columbia
V6X 2P9
Canada

tel. (604) 270-7225

(6) **Vikoma Seapack**

Provided by:

Canadian Coast Guard Base
P.O. Box 1300
St. John's, Newfoundland
A1C 5N5
Canada

tel. (709) 737-5171

Manufacturer: Vikoma International Ltd.
Littleton Road, Ashford Rd.,
Ashford, Middlesex TW15 UT
UK

tel. Ashford (07842) 45011

The containment booms were tested in the Altantic Ocean for streamed and catenary towing resistance, seakeeping characteristics, ease of handling and oil retention capability. A specific objective of the program was the gathering of numerical data on which performance could be based. However, logistical difficulties related to the extreme offshore conditions, largely precluded precise measurements. A qualitative assessment of each product was made, and it was possible to compute drag coefficients.

In the case of the Zooom boom, a more comprehensive estimate of its capability was sought through a separate program of trials under controlled conditions. In October 1980 the boom underwent a series of oil retention tests in the OHMSETT facility at Leonardo, New Jersey. This work was sponsored by the US Coast Guard as part of that agency's contribution to Environment Canada's Arctic Marine Oilspill Program. The results of the boom tests are reported in Section 3. A comparison of the booms is included, as are the boom drag coefficients calculated for the offshore trials. The overall conclusions and recommendations resulting from the program are presented in Section 4.

2 SKIMMER TESTS

2.1 Methodology

The skimmer tests were conducted during March 1980 in a refinery settling pond, in St. John's Harbour and Bay, and at Mulgrave, Nova Scotia, in air temperatures ranging from -7 to +11°C. Small amounts of ice were present on occasion in the Newfoundland test locations during the program. The Mulgrave work included the recovery of oil and ice. Table 1 summarizes the test location, test medium, principle of oil collection and product transfer mechanism for each of the skimmers.

TABLE 1 SUMMARY OF SKIMMER EVALUATION PROGRAM

Machine Tested	Location	Test Medium	Principle of Oil Collection	Oil Transfer
Little Giant	settling pond*	Bunker C	moving blades	moving blades
Destroil	settling pond*	Bunker C	weir	screw
Slicklicker	CCG Base, N.S.	Bunker C	moving belt	moving belt
Skim-Pak	settling pond*	crude	hydroadjustable weir	pump
Morris MI-80	settling pond*	crude	hydroadjustable weir and oleophilic discs	pump
Arctic Skimmer	offshore	crude	moving belt	pump

*Ultramar Canada refinery, Holyrood, Newfoundland

Four of the skimmers were tested in the Ultramar Canada refinery settling pond shown in Figure 2. The Little Giant and the Destroil were presented with Bunker C in an area of 18 m^2 enclosed by a 30 cm Flexy boom. The oil was poured onto the water surface at a temperature well above the pour point of 2°C, and allowed to cool.

The first test was with the Little Giant which was placed on the shore of the pond and pivoted into the oil. The device was powered using the hydraulic power pack from a Komara Miniskimmer. The oil collected by the skimmer was transferred into an open-topped oil drum. The speed of the blades was measured by timing the progress of a paddle through a measured distance. The slope of the ramp was also determined for each

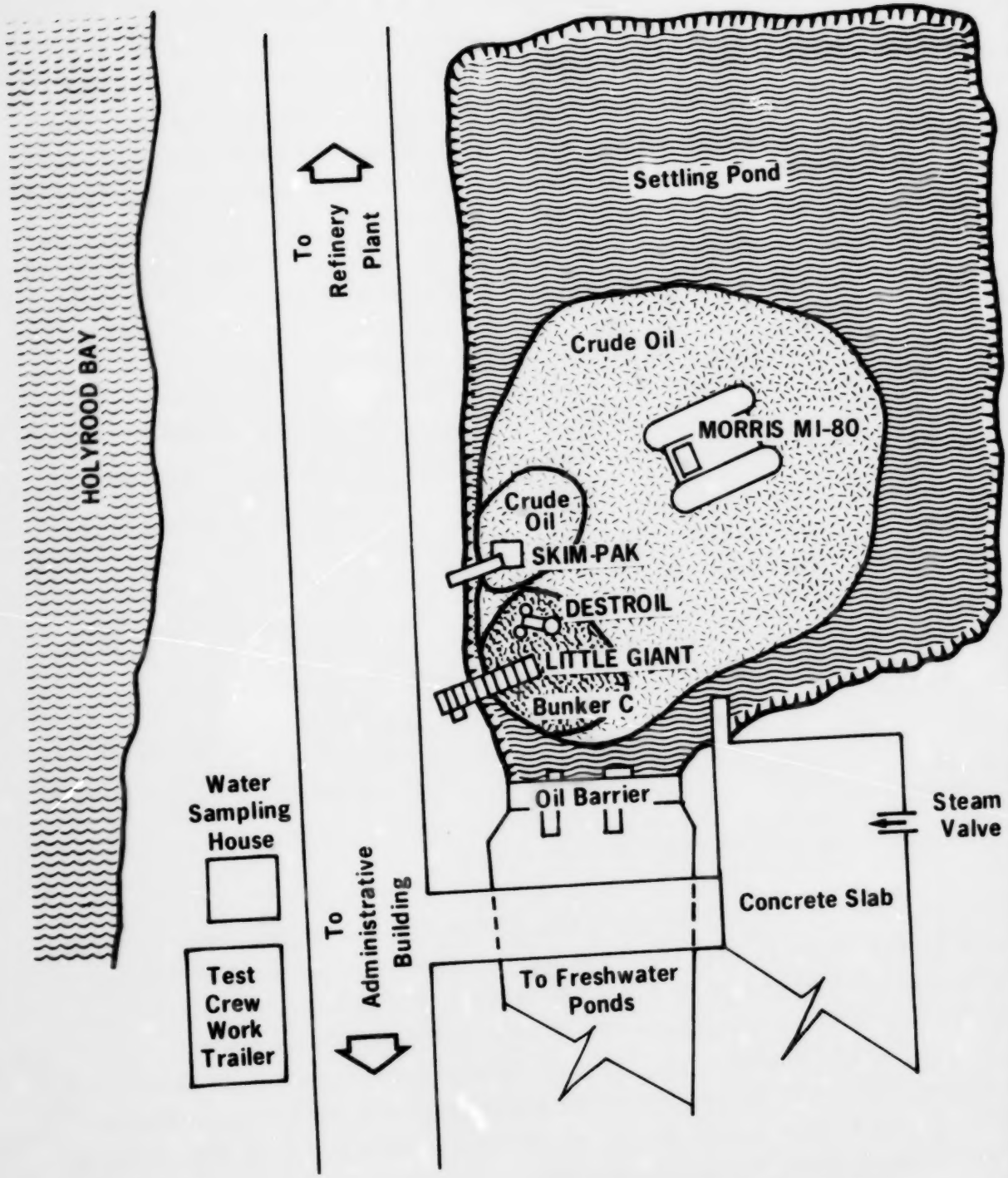


FIGURE 2 TEST SETUP, HOLYROOD ULTRAMAR CANADA REFINERY

test. The thickness of the oil was found by using an open ended glass tube. The tube was inserted through the oil, stoppered on the underside and retrieved. The thickness of the oil could then be measured and deducted from the total depth of liquid in the drum to find the amount of water.

The Destroil skimming head was tested next. The Destroil comes complete with its own power pack and hoses. Before any quantitative measurements were taken, the operation of the unit in Bunker C was observed and further testing discontinued. The unit was then removed and cleaned.

The Skim-Pak and the Morris MI-80 were then tested with crude oil. The Skim-Pak test area was also 18 m^2. Crude oil was poured into the area to thicknesses of 6-18 mm, measured using the glass tube described above. This skimming head requires a pump to transfer the oil, and a 7.6 cm Spate pump, part of a Komara unit, was used. The 7.6 cm hoses were adapted to fit the 3.8 cm lines of the skimming head. The unit was guided around in the oil using the aluminum wand provided. Oil and water depths were measured using an Arceast column (see Figure 3). The opening of the control valve was changed for each series of tests. The suction rate of the Spate pump was kept constant.

While testing the Little Giant, the Destroil and the Skim-Pak, water hoses were used to herd the oil toward the skimming head. This was done to see if any improvement in collection was noticed. A small (5 cm) Homelite centrifugal pump was used for this purpose.

The Morris MI-80 was the last skimmer to be tested in the refinery pond. For this test, a 670 m^2 area was boomed off to permit the manoeuvring of the vessel in the oil. One cubic metre of crude oil spilled within the boom formed a slick between 10 and 25 mm at one end because of wind herding. The slick depth was again measured by glass cylinder. The Morris unit comes with a 15 m discharge hose; however, this impeded manoeuvring to a great extent and was removed. Oil was recovered in the sump in the unit. Once full, the oil was pumped by the on-board pump into an Arceast column. Water and oil depths were then measured. Underpowering caused the two sets of discs to turn at different rates, and power sharing was uncontrollable at slow speeds. This problem introduced some errors in computing the collection rate. Other problems also arose that affected the collection, the two major ones being the positioning of the hydroadjustable weir -- not allowing it to operate -- and the inadequate functioning of the water pump that inhibited flow-through of the oil. For these tests, the weir was held down and a drain

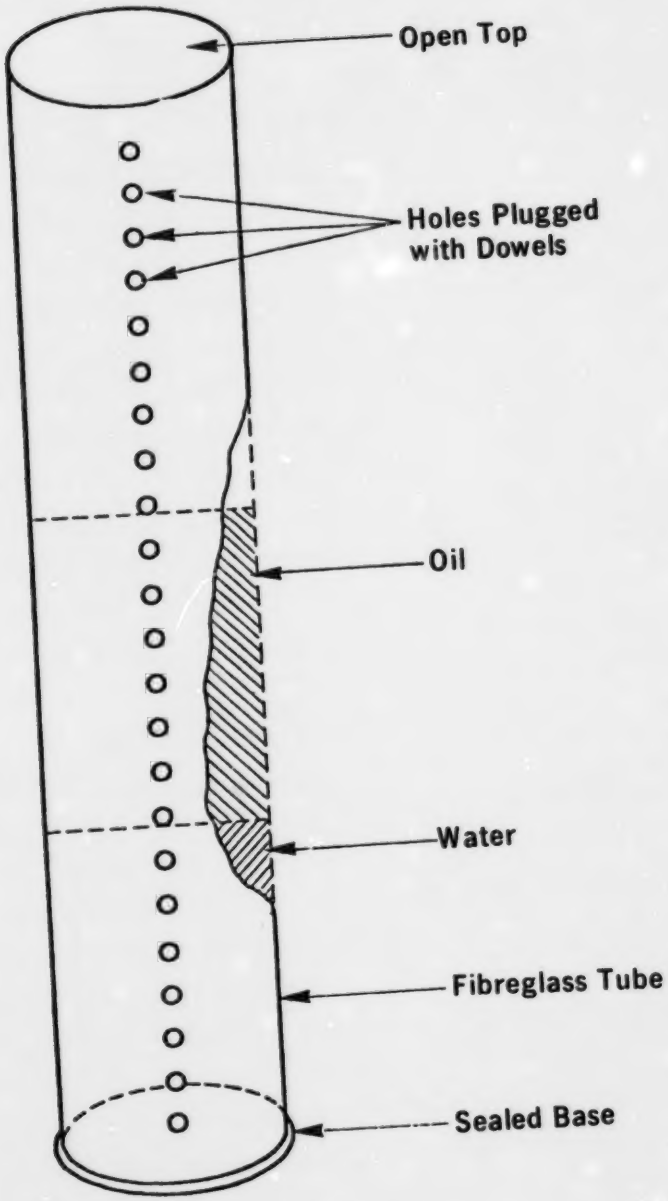


FIGURE 3 ARCEAST COLUMN
(Starting at the base the dowels are removed and replaced until oil is found. This is the bottom level of the oil - the top level of oil is found by repeating above procedure from the top. Oil volume vs. total volume can then be determined.)

was taken out of the rear of the vessel to enhance flow. The water wash down system was not used because of the overall underpowering problem.

After testing, the oil/water mixtures collected were analysed by an Adams Dynac Centrifuge and a Fisher Surface Tensiomat, Model 21.

The Versatech Arctic Skimmer was tested offshore to compare oil collection, operation and seakeeping capability with performance data previously obtained in the controlled conditions at OHMSETT. The oil collection was found to be too logistically difficult to analyse quantitatively; however, evaluation of the operational characteristics was possible. The skimmer was attached to the apex of the Zooom and AMOP booms and crude oil was spilled upwind. The unit was started and oil collection attempted.

The seakeeping characteristics were checked by towing the vessel at speeds of up to 3 knots and observing pitch and roll.

The Slicklicker was tested in Port Mulgrave, Nova Scotia, at the Canadian Coast Guard base. It was positioned between two Porta-Tanks. Bunker C was then recovered from one tank and discharged into the other. Having emptied one tank, the unit was then rotated through 180° and the sequence was repeated. Debris, consisting of ice, wood and rags, was added to the oil for these tests.

Belt speeds were varied and measured by timing the progress of a known point on the belt as it travelled through a known distance. Slick thickness was not measured as the cold bunker oil tended to form lumps. Total oil transferred was also measured.

The oil was manually assisted onto the belt during some tests while in others it was left unattended; both methods are used in spill cleanup operations depending on manpower available. Various configurations of scraper blades were tried at the intake end to channel the oil toward the centre of the belt.

2.2 The Little Giant

(Developer: Canadian Coast Guard Base, Prescott, Ontario)

2.2.1 Operating Principle and Specifications. The Little Giant is specifically designed to recover spilled Bunker C fuel. It is a modification of a commercially available farm conveyor and uses moving blades to push oil up an inclined tray. The unit is constructed to sit on a work boat, barge or shoreline. The intake is then positioned in the floating oil by pivoting the device about its stand. Aluminum chutes at both ends channel the oil. Figure 4 shows the oil collection principle employed.

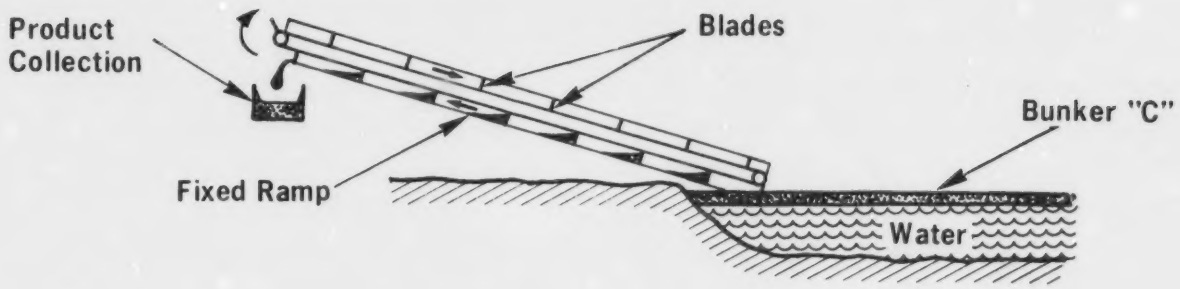


FIGURE 4 LITTLE GIANT: OIL COLLECTION PRINCIPLE

The machine arrived in St. John's partially disassembled and without a packing case. The stand and the intake chute were separate from the main body of the skimmer. A discharge chute was lost in transit.

In the operating mode the unit measures:

Length - 4.9 m
Width - 1.3 m
Height - 1.2 m

Rectangular blades 54 cm long by 9 cm high are hydraulically driven by a chain and sprocket arrangement as shown in the accompanying diagram (Figure 5).

The unit is all steel construction except for aluminium intake and discharge chutes and an aluminum preheat chamber. A hydraulic power source was not supplied, so a Komara Miniskimmer diesel hydraulic power pack was used.

Since the skimmer is designed for use primarily with high viscosity Bunker C oil, a preheater was installed beneath the inclined surface. This unit consists of copper steam pipes in an aluminum housing with the steam provided by an external source.

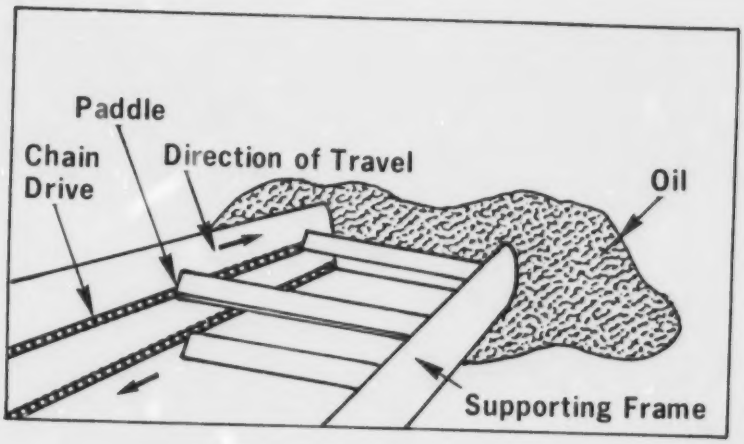


FIGURE 5 DETAIL OF LITTLE GIANT

For these tests, high pressure steam was supplied by the refinery. The only adjustment possible during operation, apart from the external power and steam sources, is the angle of inclination. The main body of the skimmer can be pivoted on its stand using a series of holes and a locking pin. This adjustment requires three or four people to accomplish. Belt speed and steam supply are controlled by the external sources.

Moving the Little Giant requires a boom truck, forklift or the equivalent. Transportation over long distances requires a flat bed truck, rail car, or a large aircraft.

The machine can be cleaned with steam or a solvent, but lack of continuous smooth surfaces impedes the cleaning process.

2.2.2 Test Results. The arrangements for testing the Little Giant skimmer are shown in Figure 6. Volumes of 0.3 to 0.6 m^3 of Bunker C fuel oil were spilled which resulted in slick thicknesses of 20 to 40 mm. The air temperature during the test period was 2°C and it rained most of the time (from test no. 5 to no. 10). A total of 10 tests were performed in which the chain speed, skimmer slope, and steam supply (on or off) were varied. The test results are presented in Table 2.

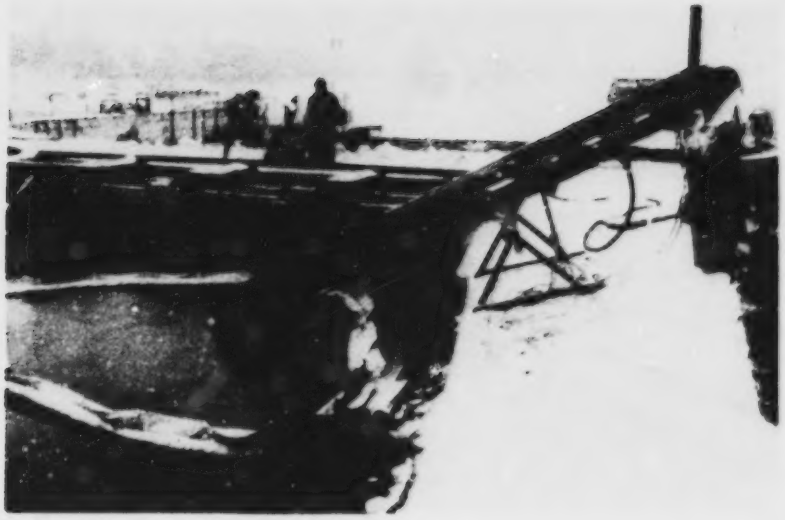


FIGURE 6 LITTLE GIANT - GENERAL TEST LAYOUT

The actual oil recovery rate per unit width of the skimmer is plotted versus the chain velocity (see Figure 7). Similar plots based on the slick thickness, skimmer slope, and the amount of steam applied do not show significant relationships.

The skimmer's theoretical optimum performance can be obtained simply by calculating the volume of oil that is lifted ahead of a blade up to the collection point and the number of times per hour that the blade discharges.

Q_L = liquid recovery rate (m^3/h)
v = chain speed (m/h)
B = width of skimmer (0.55 m)
H = height of blade (0.085 m)
a = slope angle of skimmer with horizontal plane (degrees)
D = distance between two blades (0.61 m)

Replacing the parameters that were constant during the test yields:

$$Q_L = 11.73\ v \cot a$$

This relationship was applied to calculate Q_L for all ten tests and Figure 8 shows the measured versus the calculated oil recovery rates.

TABLE 2 LITTLE GIANT SKIMMER TEST RESULTS

Test No.	Temperature of Oil		Total Oil Volume Spilled V (m^3)	Slick Thickness b (mm)	Liquid Recovered V_{L_3} (m^3)	Water Content W (%)	Actual Oil Recovered V_{o_3} (m^3)	Test Duration T (s)	Actual Oil Rate Q_{o_3} (m^3/h)	Belt Speed v (m/s)	Skimmer Slope α (°)	Steam Value V	Calculated Liquid Rate Q_{L_3} (m^3/h)	Actual Oil per Unit Width Q_{o_3}/B ($m^3/m \cdot h$)
	Before (°C)	After (°C)												
1	14	14	0.39	25	0.140	20	0.112	142	2.84	0.21	27	Off	4.83	5.16
2	11	11	0.32	20	0.096	20	0.077	131	2.12	0.20	27	Off	4.60	3.85
3	11	11	0.39	25	0.145	40	0.087	145	2.16	0.20	27	Off	4.60	3.93
4	11	11	0.59	38	0.042	5	0.040	135	1.07	0.20	38	Off	3.00	1.95
5	11	11	0.59	38	0.159	5	0.151	100	5.44	0.20	27	Off	4.60	9.89
6	5	11	0.59	38	0.140	50	0.070	135	1.87	0.25	27	On	5.75	3.40
7	11	14	0.51	32	0.139	40	0.083	128	2.33	0.21	27	On	4.83	4.24
8	10	19	0.42	27	0.140	40	0.084	115	2.63	0.21	30	On	4.27	4.78
9	12	12	0.59	38	0.112	8	0.103	405	0.92	0.05	30	Off	1.02	1.67
10	10	-	0.50	32	0.091	8	0.084	405	0.75	0.05	30	On	1.02	1.36

- air temperature was between +1 and +3°C

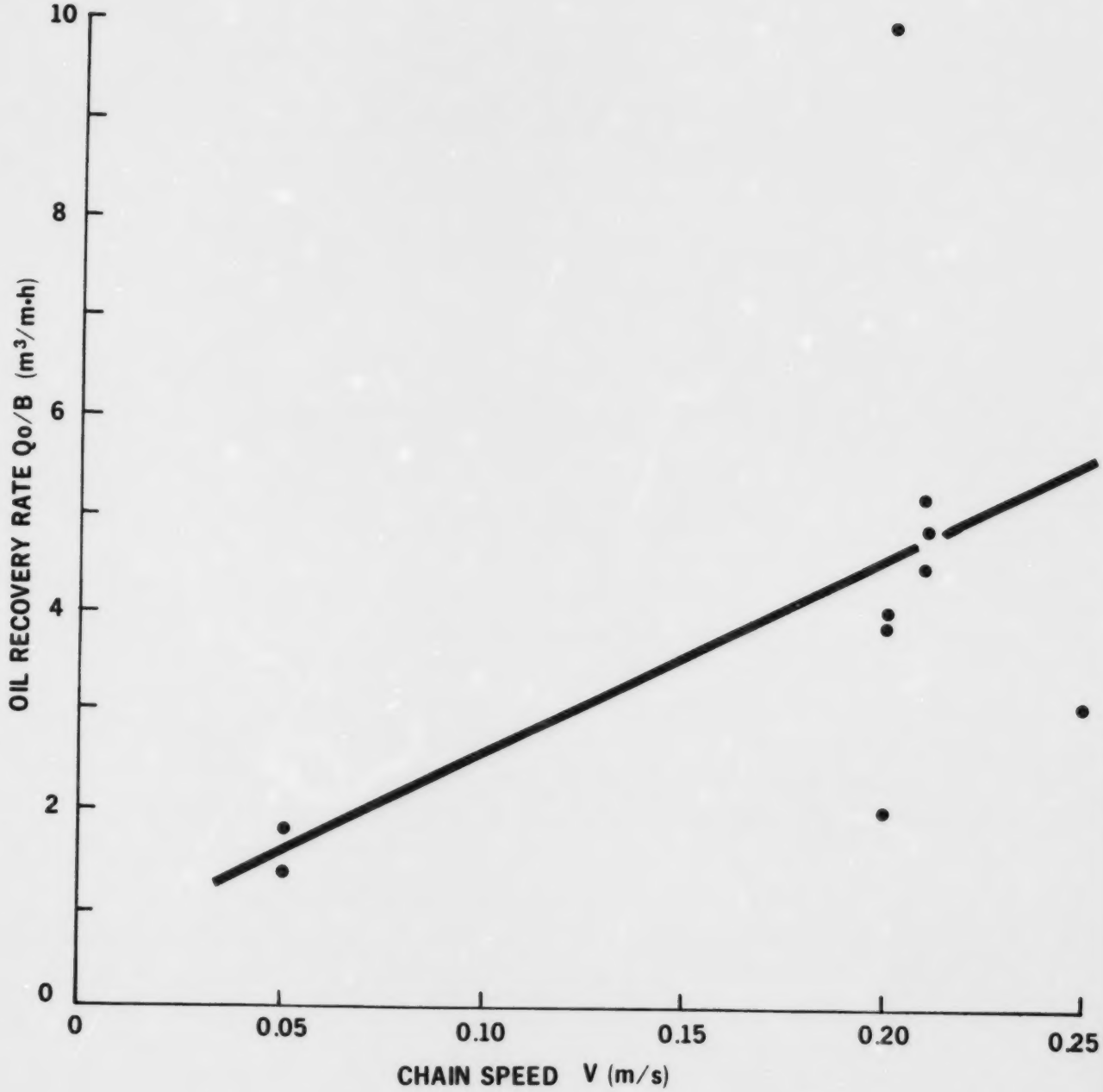


FIGURE 7 OIL RECOVERY RATE PER UNIT WIDTH VERSUS CHAIN SPEED (Little Giant Skimmer)

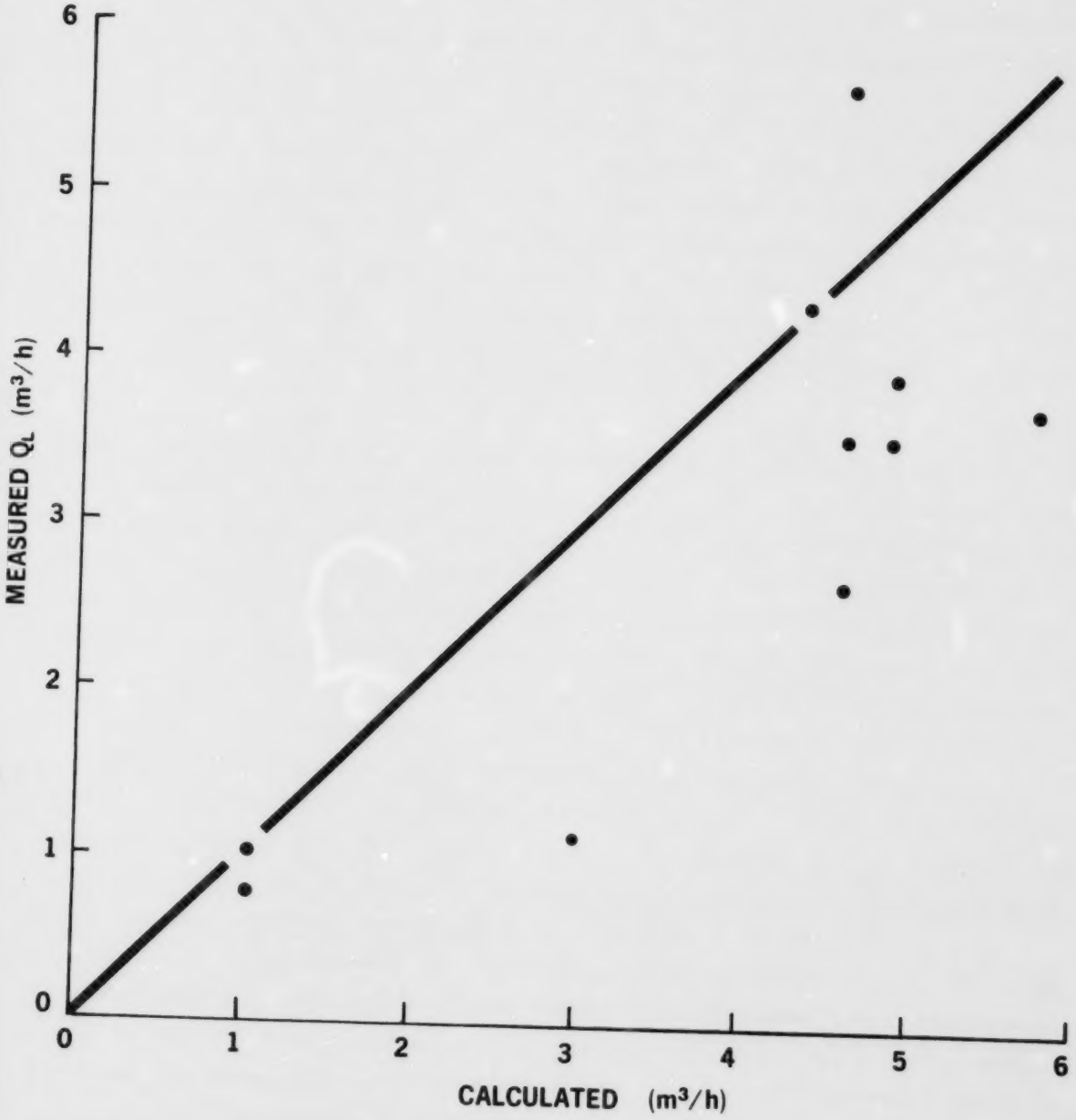


FIGURE 8 MEASURED AND CALCULATED OIL RECOVERY RATES
(Little Giant Skimmer)

The calculated amount overestimates the recovery rate. It was obvious during high speed tests that this is due primarily to the short time available for the blades to discharge their load.

2.2.3 Discussion.

Construction

The Little Giant skimmer, built from sheet metal, is well suited for its intended function. The mechanical components are standard types and no close-tolerance fits are required, a useful attribute in a field situation. The lower inlet ramp serves little purpose and could be shortened. The top end of the skimmer should be shrouded for safety and to prevent winds from blowing tendrils of oil over the collection area. The latter significantly affected operator comfort.

Operation

The initial setup of the skimmer was found to be important in order to collect oil without manual feeding. The tail roller had to be positioned so that its centreline was just above the oil surface. If it was too high, not enough oil gathering action was initiated to continuously load the blades. If the centreline of the roller was below the oil surface, the down-coming blades set up a paddling action in the water which drove the oil away. This would certainly be a very significant problem under real oil spill conditions. Reversing the belt rotation so the oil could be carried on the upper level instead of the lower level would probably lessen the need for precise positioning.

The oil reaching the top of the machine did not have enough time to drop from the blades as they passed the upper roller. This certainly reduces the oil recovery rate as discussed earlier, and contributes to the deposition of liquid around the collection drum which was aggravated by the 30 knot winds blowing oil tendrils off the skimmer.

The rate of oil collection is dictated by the skimmer's size and slope. Therefore, if the frictional forces can be overcome, the capacity could be increased by adding more blades with a distance between them equal to **H cot a**, calculated for a minimum angle of operation. The skimmer was left for about two hours with all blades loaded with Bunker C when the air temperature was -2°C. The power pack/hydraulic motor had no difficulty in moving the oiled belt in the resulting solidified condition.

It is expected that the skimmer would handle debris that is flexible or block-like in form. Long, thin debris could become entrapped between the ramp and the blades.

2.3 The Destroil

(Manufacturer: AB Gustaf Terling, Goteborg, Sweden)

2.3.1 Operating Principle and Specifications. As depicted in Figure 9, the Destroil employs the weir principle for collecting oil. After the oil has spilled over the weir it is pumped out of the sump by an Archimedes-type screw pump driven by a hydraulic motor. The discharge from the screw pump is carried away through a 20-cm diameter flexible hose. The unit is kept buoyant by a trio of flotation chambers -- two fixed and one air-adjustable. It comes complete with external power pack, hose reel, and hoses.

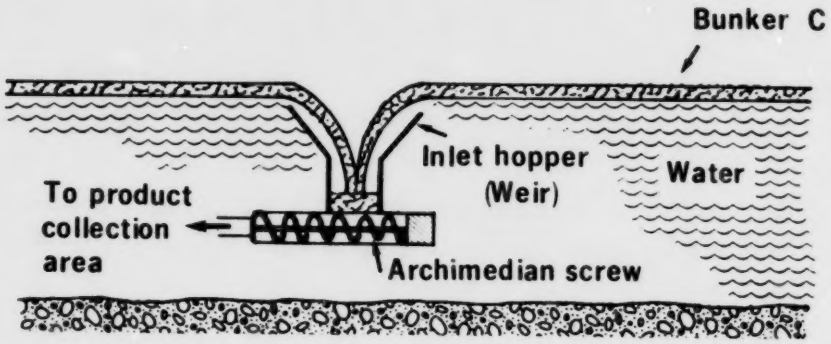


FIGURE 9 DESTROIL: COLLECTION WEIR AND ARCHIMEDIAN SCREW FOR TRANSFER

The three major components of the system had the following overall dimensions. The shipping dimensions were approximately the same.

	Length (m)	Width (m)	Height (m)	Weight (kg)
Power Pack	1.6	1.0	1.2	900
Hose Reel	1.4	1.46	1.02	Variable
Skimming Head and Floats	2.5	1.7	0.9	190

Apart from the hydraulic and discharge hoses, the construction is all steel. Cleanup of the Destroil unit is made easier by the smooth surfaces on all components.

A reversible hydraulic motor is used to drive a screw pump in the skimming head. Power for this motor is supplied from an external source through two hydraulic lines each 40-m long. These lines have quick disconnect fittings, each with a different size fitting which eliminates incorrect hose connections. The power pack is a self-contained unit housing a diesel motor with built-in hydraulic tank and air compressor. The power pack is fitted with all the necessary controls to adjust the skimming head while in operation.

The position of the weir relative to the oil/water interface can be adjusted by pumping air into the large forward float. The air is fed from the air compressor in the power pack via 40-m hoses bundled to the hydraulic lines. Speed and direction of the screw pump and volume of air in the float are the only adjustments required while the skimmer is in operation.

Once out of the water, moving the skimming head requires a boom truck, forklift or the like as does the power pack. The hose reel is manoeuvrable by two people over a hard smooth surface while the skimming head is easily pulled around when afloat. Transportation over long distances requires a truck, a rail car or a large aircraft.

2.3.2 Test Results. Tests were conducted in the refinery pond using Bunker C fuel. A volume of 0.5 m^3 of oil was spilled in a boomed-off area of about 18 m^2. The water temperature in the pond was +5°C and the air temperature between 0°C and -5°C. The test started by lowering the front float so the weir was slightly below the oil level. When the weir was about 20 mm below the oil level, flow was negligible. As the weir was lowered further, a sudden surge of the oily water was observed to pour over the weir so that the sump became completely water flooded. On continuing the test, only water was collected. As the weir was raised again, the water inflow stopped when it reached a sufficiently high level but again there was no oil flow (Figure 10).

The unit was not tested further. The mechanical operation of the unit was entirely satisfactory, and the test personnel had no reservations as to the unit's capability to move the very viscous oil which reached the auger. It did not seem, however, that the Destroil would pick up Bunker C floating on water in a layer typical of what would normally collect in a boom catenary.

FIGURE 10 DESTROIL UNDERGOING TESTS

2.3.3 Discussion.

Construction

The Destroil skimmer head, power pack and hoses comprise a well-designed and well-constructed system, from the fabrication point of view. The hoses are built so that misconnection is not possible. The quality of the fabrication is appropriate to the intended duty, and the units are easy to clean due to the basically smooth surfaces overall (see Figure 11).

No difficulties were experienced in starting and operating the system, even though the instruction manuals were temporarily unavailable.

The skimmer head should have some handles or grab points for moving the unit about when a crane is not available. Three men can easily move it but it is an awkward unit to hold. Also, with the uprising discharge pipe, the hydraulic hoses were awkward to connect and disconnect. Some minor rearrangement of bulkhead penetrations would be all that is required to rectify this.

FIGURE 11 DESTROIL CONSTRUCTION FEATURES

Operation

The skimmer head was deployed with no difficulty into a boomed area containing Bunker C. The hydraulic hose pack is heavy and somewhat awkward to move, but is appropriate in length and size for its task. The forward-most flotation cylinder can be purged and filled with compressed air from a small engine-driven compressor in the power pack. The operator's ability to raise the forward end of the unit (and thus set the weir height) is very good. The purge control was quite slow and there was a pronounced time lag between activating the control handle and being able to observe any results.

The skimmer is, conceptually, a buoyant screw auger with a weir inlet to the auger. It was observed that the screw auger has the ability to move Bunker C oil easily once the oil reaches the screw. In the ambient temperature encountered during the tests (-5 to 0°C) two problems became very evident.

The Bunker C would not flow over the weir at a significant rate. When the unit was first started, the oil which was above the weir on top of the water was sucked

down into the screw auger and ejected through the discharge pipe as intended. However, it proved to be impossible to regulate weir height in the viscous oil to provide a continuous inflow of product. If the weir was submerged to the point where there was a flow of oil over the weir, the water volume promoting this inflow resulted in the weir becoming completely water flooded. If the weir was raised to limit the water inflow, the oil would not pass over the weir due to its high viscosity.

A second problem was also due to the oil type tested. The flotation cylinders created a blockage effect which restricted the ability of incoming oil to reach the weir. This was due solely to the viscosity of the Bunker C under test; a thinner oil which would flow readily would not cause this problem.

The powerpack appeared to be adequately sized. The slugs of cold bunker which did reach the auger caused no undue laboring of the power pack engine.

The screw auger will pass volumes of small-sized debris with no difficulty. In this respect, it has a significant advantage over most non-centrifugal trash pumps in that there are no valves to jam.

The Destroil was evaluated principally for its cold-oil-handling capabilities. The unit did not "skim" floating bunker well; however, it would have no difficulty in processing any oil which would flow more readily, including those with relatively high viscosities. As is the case with all weir type skimmers, if the oil pool is of sufficient depth that the weir does not have to make an oil-water separation, the unit will recover oil with a very high oil content factor. This aspect is discussed further in connection with the Skim-Pak test results.

2.4 The Slicklicker

(Manufacturer: R.B.H. Cybernetics (1970) Ltd., Victoria, B.C.)

2.4.1 Operating Principle and Specifications. This skimmer utilizes a continuous inclined belt to pick up the oil. Like the Little Giant, the unit is made to sit on the deck of a work boat, barge or other solid surface. The unit tested in Port Mulgrave had undergone a modification program conducted by Eastern Marine Services Ltd. of Nova Scotia on behalf of Environment Canada in co-operation with the Canadian Coast Guard. The discharge of this unit is channelled by a chute into any suitable container. Figure 12 presents a simple schematic of the recovery principle.

The following dimensions are for the unit in operating configuration:

Length - 3.66 m; Width - 1.83 m; Height - 2.74 m.

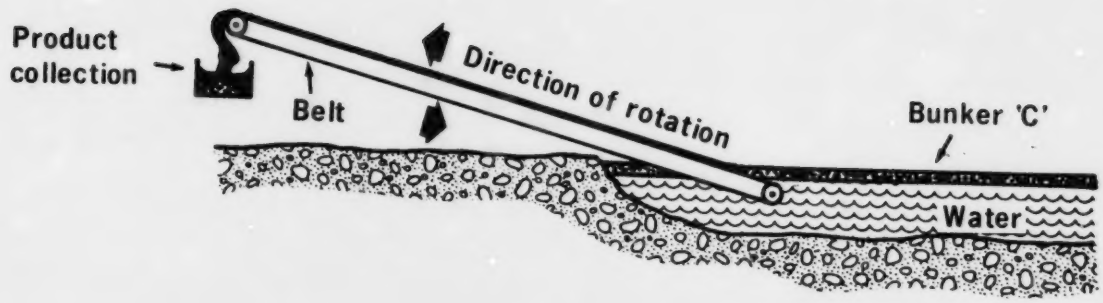


FIGURE 12 SLICKLICKER: MOVING BELT

The unit is all steel construction with the exception of the fabric belt and an aluminum drip shield over the power supply. The belt is driven by an eight horsepower reversible hydraulic motor powered by a small gasoline engine incorporated in the unit. Inclination angle of the belt is controlled by a small electric winch, the belt table being pivoted at the discharge end. The discharge of the unit tested also incorporated a heater, supplied by the engine's exhaust. This heater prevents build-up of material in the discharge chute and facilitates the separation of the oil from the belt.

Adjustments of belt speed, direction of rotation, and incline angle are all available to the operator and require no heavy manual labour. The speed range of up to 15 m/min and the angle adjustment were both found to be entirely satisfactory for oil recovery. Localized movement of the Slicklicker requires a boom truck or equivalent, and lifting from a single point in balance. Long distance transportation requires a flat bed truck or rail car.

Cleanup of this unit (a minor consideration relative to performance) was not attempted during these trials, therefore, its ease can only be estimated. Due to

noncontinuous surfaces and hard-to-get-at spaces, it is believed that cleanup would be time consuming.

2.4.2 Test Results. The tests were conducted at the Mulgrave Coast Guard Depot in Nova Scotia by pumping bunker fuel back and forth between two Porta-Tanks. The data collected are presented in Table 3. Only the belt speed was varied over the four tests recorded although during preliminary testing belt angle was changed and recovery performance observed. A comparison of the Slicklicker with the Little Giant was made by plotting the actual oil recovery rate per unit width versus the belt speed as shown in Figure 13.

TABLE 3 SLICKLICKER TEST RESULTS

Test No.	Liquid Recovery Rate Q_L (m^3/h)	Belt Speed v (m/s)	Water Content, W (%)	Actual Oil Recovery Rate (m^3/h)	Actual Oil per Unit Width ($m^3/m \cdot h$)
1	2.45	0.08	5	2.33	3.11
2	3.11	0.08	5	2.95	3.93
3	3.24	0.08	5	3.08	4.11
4	7.65	0.25	15	6.50	8.67

The Slicklicker recovered up to 6.5 m^3/h of oil at a belt speed of 0.25 m/s with a water content of 15%. When expressed in terms of a recovery rate per unit width of belt, the Slicklicker recovers 8.67 $m^3/m \cdot h$ at the same belt speed.

Numerous test runs were conducted in which the Slicklicker collected large quantities of chunk ice mixed with oil. It was concluded that the machine processed the combination of oil and ice in a highly satisfactory manner although quantitative measurements were not possible.

2.4.3 Discussion.

Construction

The structure is made of mild steel throughout, with component sizes well dimensioned for their intended use. The unit can be lifted from a single point, in balance.

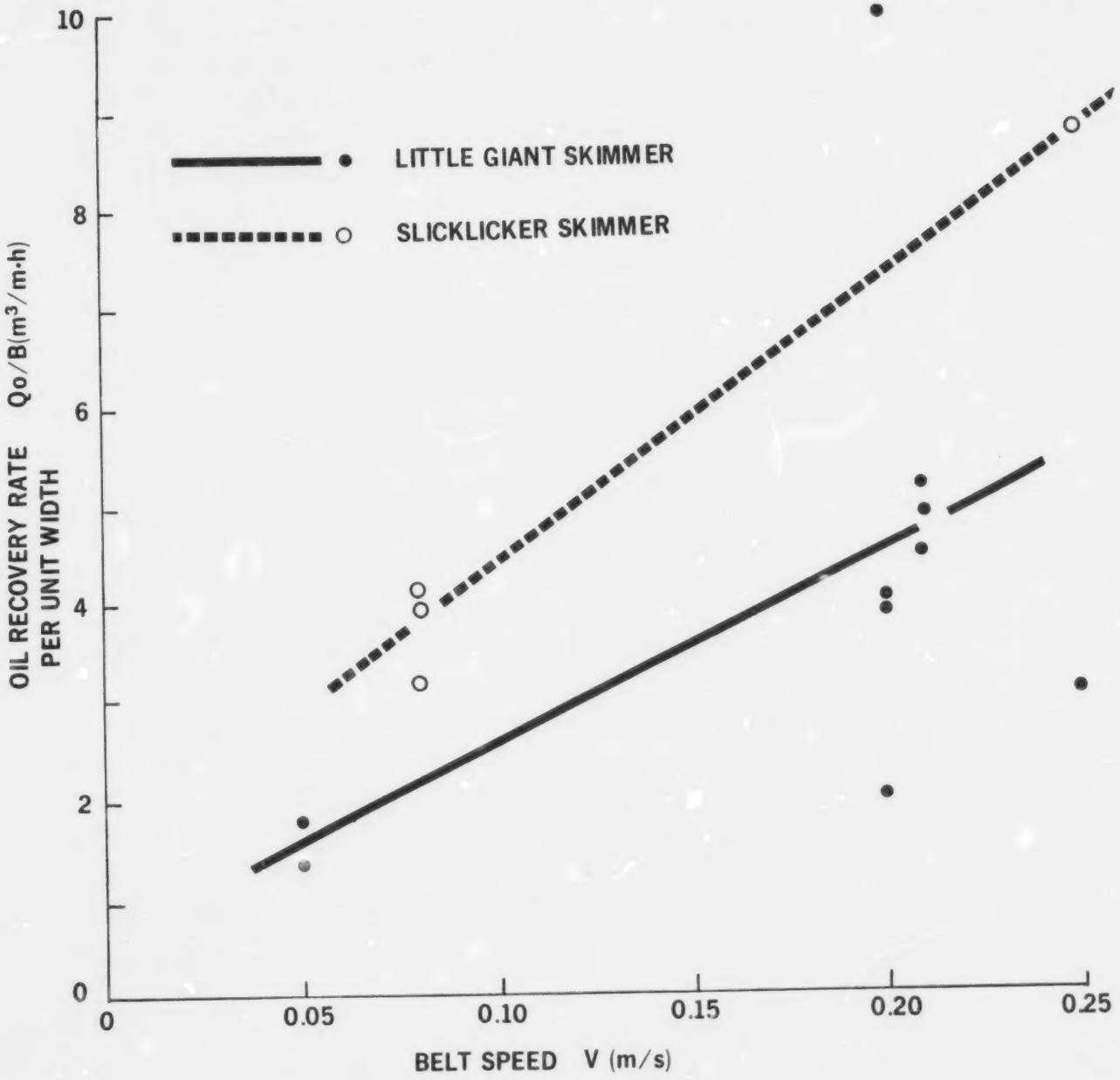


FIGURE 13 OIL RECOVERY RATES PER UNIT WIDTH VERSUS BELT SPEED

Further construction modifications could be implemented:

1. A drip plate under the ramp to guide run-off back to the water would be advantageous.
2. A spreader bar for the ramp lifting wire would minimize belt stoppages.
3. A larger gas tank could be fitted to provide longer operation.
4. A discharge door on the chute may be a useful feature, although opinion varies on this point.
5. More flexible tie-down arrangements could be achieved if the tie-down padeye bars were longer with multiple holes to accommodate different sized tie-down gear.

Operational

The unit ran well mechanically and no related problems were evident, although some modifications had just been completed as a result of shake-down trials a week prior to this test series.

The unit was run both with manual feeding of the lower roller, and unattended. In the former case, the belt pulled oil off the water surface if it was part of a continuous layer that was pushed onto the belt. Some blockage was noted at the edges of the belt where the oil guides pushed the oil toward the centre, and at the wire sling supporting the ramp. The oil guides were readjusted to provide a more gradual pushing of the oil to the centre of the belt, which led to a very apparent decrease in blockage effect. When running unattended, 'chunks' of oil were torn from the floating layer, and the flow was intermittent. When the belt was run at a slow enough speed that the oil did not tear away from itself, a very steady oil recovery rate was achieved. While this recovery rate was significantly less than that possible when the belt was manually fed, the lowered manpower requirement makes this mode of operation an attractive option.

Once the oil was on the belt, very little was observed to run back down. In warmer weather, a reduced recovery rate might be anticipated but the unit should continue to recover viscous oils quite satisfactorily.

The scraper and chute system at the upper end of the unit worked very well. The oil which was not removed by the scraper was small enough in volume that it adhered to the belt on the return trip, and very little drip-off resulted. The heated lower surface of the discharge chute provided a fast oil run-off from the collection trough (see Figure 14).

The unit tested was, in the opinion of the test team, smaller than would be desired for field recovery operations.

Skimmer Discharge

Skimmer Intake

FIGURE 14 SLICKLICKER SKIMMER

2.5 The Skim-Pak

(Manufacturer: Douglas Engineering, Concord, California).

2.5.1 Operating Principle and Specifications. This very simple unit operates on the weir principle for oil pickup as shown below. Removal of oil from the skimming head is achieved by connecting it to a suction pump or vacuum system. For these tests a 7.6 cm Spate pump was used. The unit consisted of two parts -- the skimming head and a wand with control valve. Figure 15 shows the general arrangement of the system.

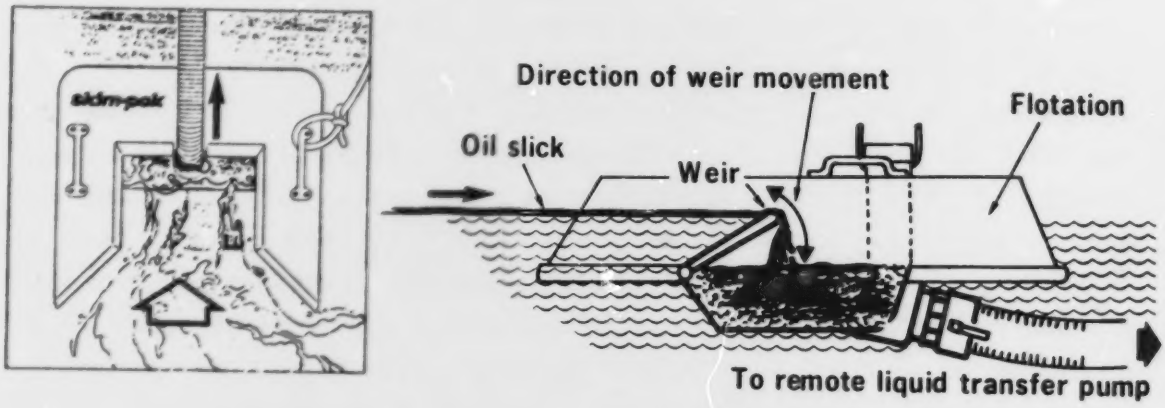


FIGURE 15 SKIM-PAK: HYDRO-ADJUSTABLE WEIR FOR COLLECTION AND A PUMP FOR TRANSFER

The skimming head is a small item (60 x 60 and 20 cm high) while the wand is 3.8 cm diameter (thin wall aluminum tubing). The wand tested was 4 m long, but it can be extended easily. The fiberglass skimming head is connected to the aluminum wand by a Camlock fitting.

Prior to the start of skimming, it is necessary to flood the ballast tanks by submerging the unit. Having done this, there are two factors which control the Skim-Pak's operation: the suction supplied by the external pump and a butterfly valve in the

wand. Together they regulate the flow rate, and thus the oil/water content. The weir height itself, unlike the Destroil, is self-adjusting and not under direct control. The skimmer can be manoeuvred by the wand for manual control or tethered and connected to a flexible hose for unattended skimming. Figure 16 shows the two modes of operation. Because the unit is very small and light, it can be carried by one person with ease. Its smooth surfaces allow for very easy cleanup using steam or solvent.

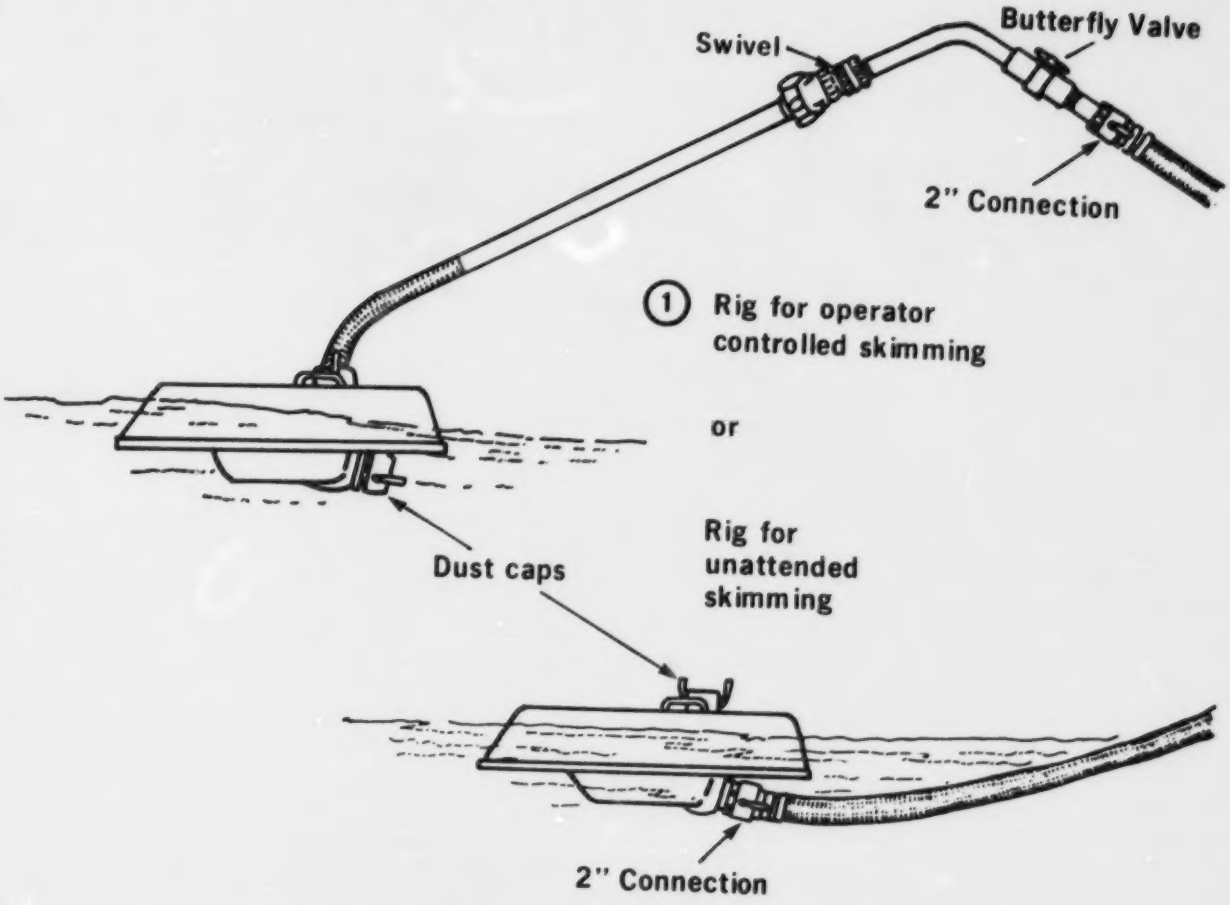
2.5.2 Test Results. The tests were conducted in an 18 m^2 boomed-off area in the refinery settling pond. Venezuelan crude was poured to obtain oil layer thicknesses between 6 and 18 mm. Seven tests were completed in which the oil thickness and throttle valve setting were varied. The air temperature was between 0°C and 2°C and the water temperature in the pond was 10°C. The results of the test are presented in Table 4.

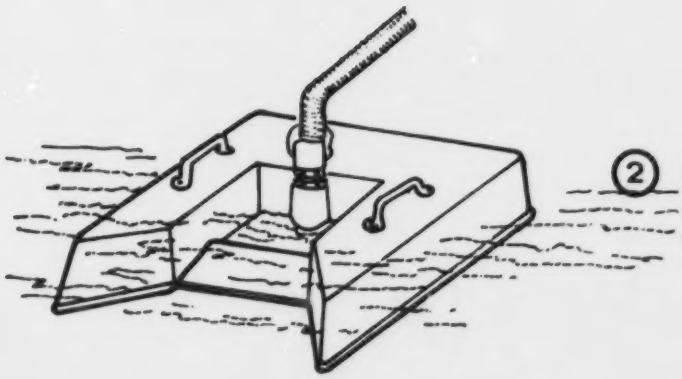
The results show a direct relationship between the slick thickness and the actual oil recovered as shown in Figure 17 for each valve opening. For the same slick thickness, the increase in the liquid recovery rate Q_L results in an increase of the actual oil collected. However, the oil content factor decreased from 40% to 20% when the valve was opened from one quarter to one half or more, or when the pumping rate was increased from 2 to 7 m^3/h. Figure 18 (a and b) shows these results. Figure (b) is similar to Figure (a) but it shows actual oil recovery rate instead of the liquid recovery rate. Thus, based on these two figures, the amount of liquid processed must be increased four times to double the actual oil collection rate. If a large settling tank is available on site, the oil content factor would not be important. However, if settling capacity is limited, the storage required to recover an oil spill of volume "V" is 5V instead of 2.5V. This is normally an important consideration.

2.5.3 Discussion.

Construction

The Skim-Pak is a light, clean-lined skimmer suitable for use in small, still-water spills. Its fiberglass construction appears to be quite appropriate for its intended function. It is easy to clean; the debris screen is easily removable; and the suction wand which is supplied with the unit proved to be a good means of positioning the skimmer head. The Camlock fittings on the wand and on the skimmer head were different sizes and this caused some minor inconvenience. It is suggested that the fittings be standardized at one size.





IMPORTANT

2 Before starting skim, push the front end below the water to fill ballast tanks

FIGURE 16 MODES OF OPERATION OF SKIM-PAK

TABLE 4 SKIM-PAK TEST RESULTS

Test No.	Temperature t_g (°C)	Temperature t_w (°C)	Slick Thickness b (mm)	Skimmer Valve Opening (turns)	Liquid Recovered V_{L_3} (m^3)	Gross Oil Recovered V_{G_3} (m^3)	Water Content W (%)	Actual Oil Recovered V_{o_3} (m^3)	Oil Content Factor O.C.F. (%)	Test Duration T (s)	Liquid Recovered Rate Q_{L_3} (m^3/h)	Actual Oil Rate Q_{o_3} (m^3/h)
1	1	11	18	1	0.072	0.016	6	0.015	21	37	7.00	1.46
2	1	10	15	1/2	0.075	0.018	16	0.015	20	40	6.75	1.35
3	1	10	16	1/4	0.075	0.036	10	0.032	43	165	1.64	0.70
4	2	10	14	1/4	0.072	0.031	12	0.027	38	125	2.07	0.78
5	1	10	15	1/8	0.073	0.027	15	0.023	31	435	0.60	0.19
6	1	10	6	1/2	0.075	0.004	0	0.004	5	35	7.71	0.41
7	0	10	8	1/4	0.076	0.004	20	0.004	5	90	3.04	0.14

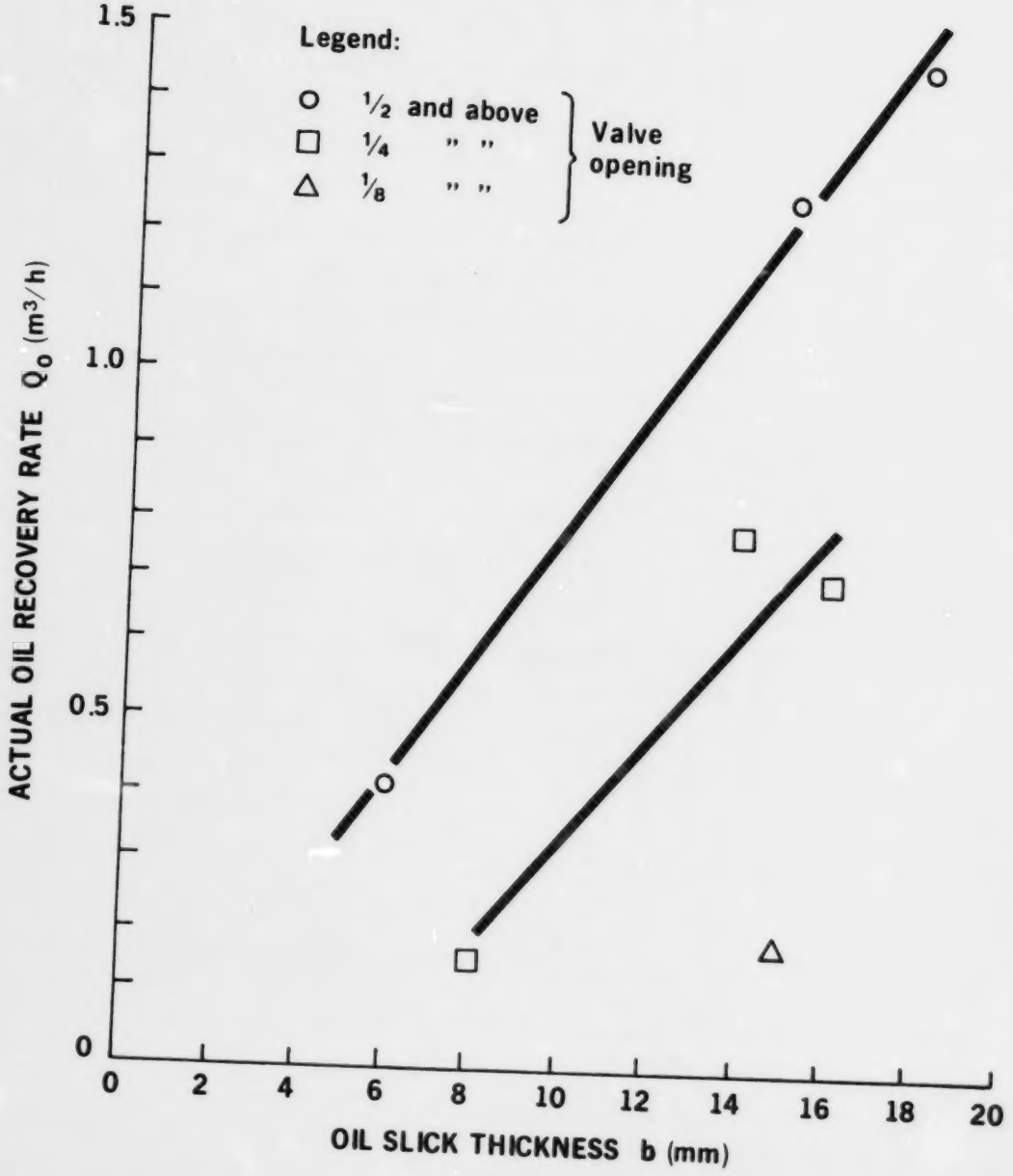
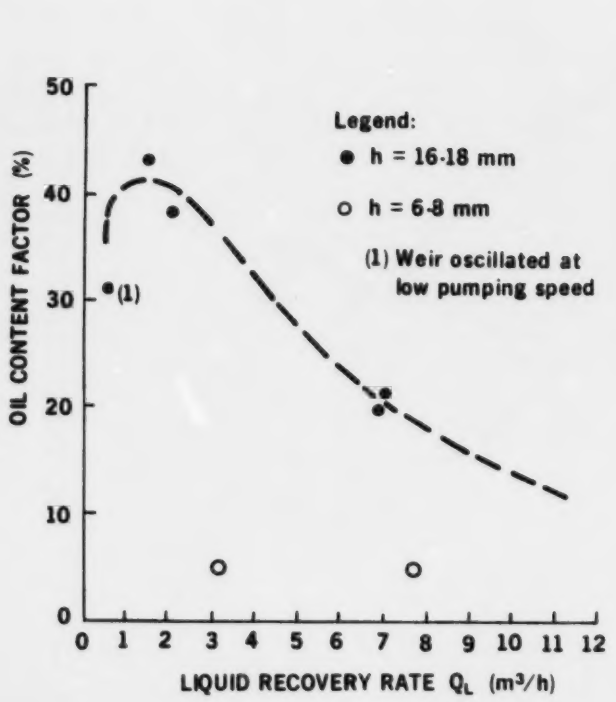


FIGURE 17 ACTUAL OIL RECOVERY RATE (Q_o) VERSUS OIL SLICK THICKNESS (*b*) FOR SLIM-PAK



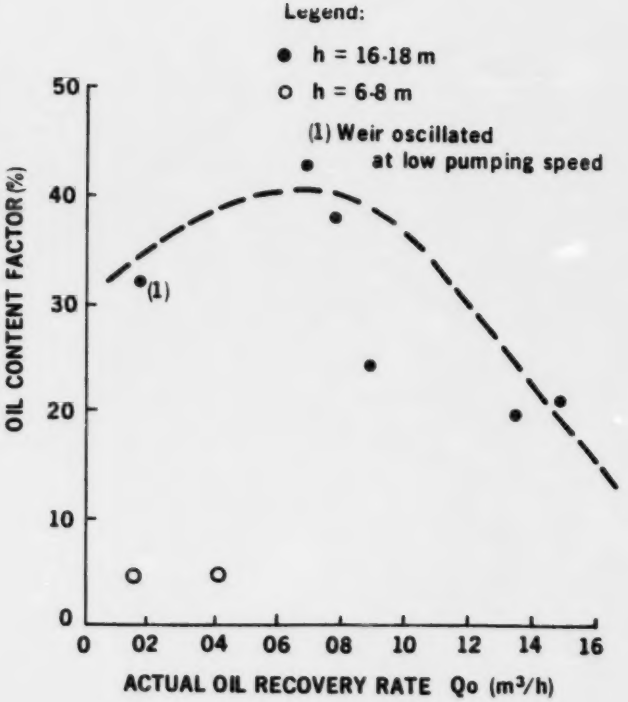


FIGURE 18 OIL CONTENT FACTOR CURVES FOR SKIM-PAK

Operation

The unit was very straightforward to use, and no difficulty was encountered with it. It was coupled to a Spate pump and recovered various thicknesses and volumes of oil as described in the test results section.

The throttling valve on the wand proved to be a good flow regulator, and allowed ready visual adjustment in response to the observed oil inflow to the skimmer head. Under steady operating conditions, the smooth flow into the hydro-adjustable weir promoted a steady drawing of the crude oil from some distance away from the skimmer head. The hydro-adjustable weir functioned as expected, and provided a definite weir setting capability by adjusting the suction flow, as claimed.

The unit's principal weakness is simply that it collects the oil over a weir and under the best conditions may recover as much as 95% water. The fact that the weir is self-adjusting once the desired flow rate has been set by the operator is a definite advantage. In this respect, the unit follows the pattern set in previous tests by the Oela Skimmer (Solsberg et al., 1977). However, as noted then, a weir skimmer under the best of natural conditions still has an inherently low oil content factor in the recovered fluid. The oil content factor depends on the slick thickness as well as the recovered oil per unit width of the weir. At higher values of Q_L/B the oil content factor does not generally exceed 20% even for hydro-adjustable weir skimmers.

The Skim-Pak, in summary, can be expected to offer most effective skimming in contained slicks of lighter oils several centimetres in thickness. When thus presented with an excess of oil, flow rate must still be regulated if water content is to be minimized. If, on the other hand, large volume storage and separation facilities are available, higher volume suction can be applied and slicks of substantial size removed.

2.6 The Morris MI-80

(Manufacturer: Morris Industries Ltd., North Vancouver, B.C.)

2.6.1 Operating Principle and Specifications. The MI-80 was designed as a two-stage oil collection device comprised of oil/water separation and oil recovery components. As conceived, a hydro-adjustable weir first collects the oil, then a double row of oleophilic discs picks it up. These systems are mounted in a twin hulled, self-propelled vehicle. An onboard diesel engine powers the five hydraulic systems employed which are: 1) the disc rotation, 2) the twin propellers, 3) the steering gear, 4) the product pump, and 5) the water pump. Figure 19 shows the principle of operation.

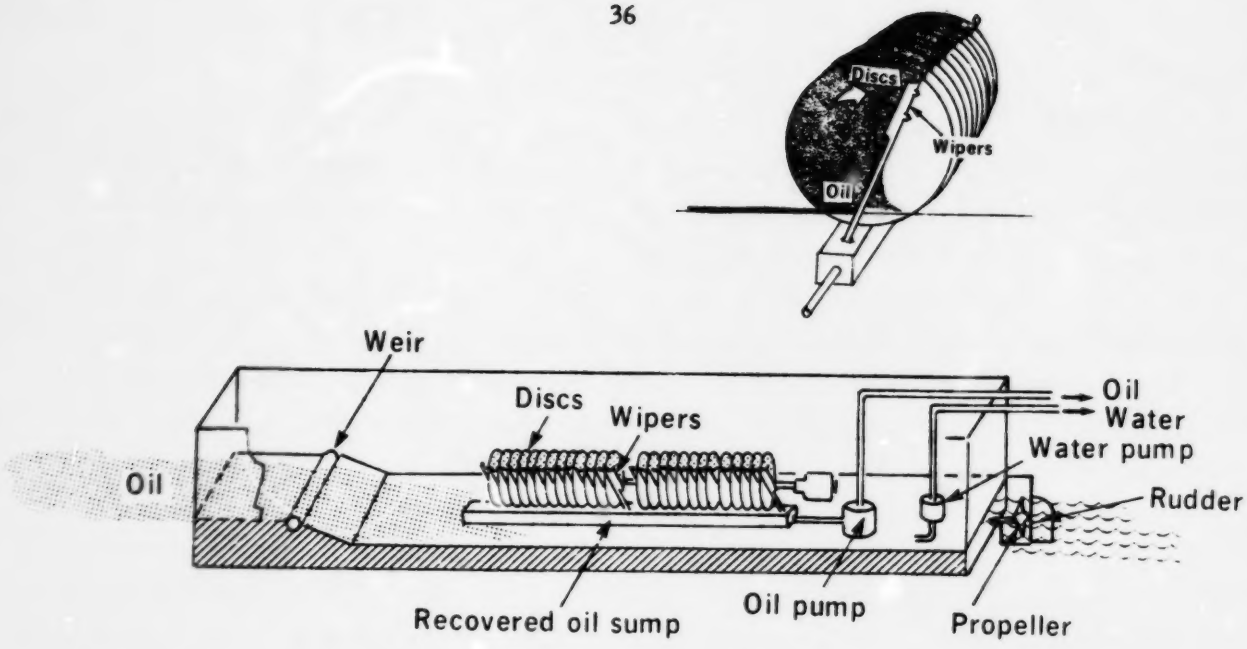


FIGURE 19 MORRIS MI-80: HYDRO-ADJUSTABLE WEIR AND OLEOPHILIC DISCS FOR COLLECTION AND HYDRAULIC PUMP FOR TRANSFER

Its outside dimensions are:

Length - 5.0 m

Width - 2.5 m

Height - 1.5 m

The MI-80 is built from a number of different component materials; however, the fiberglass hulls and the aluminum superstructure comprise the major parts.

The oil feeds between the two hulls over the hydro-adjustable weir and into the central chamber. Once in the central chamber the oil is picked up by 80 oleophilic discs and scraped off into a sump where it is pumped away by the product pump. The discs are rotated by a pair of hydraulic motors, one for each row of discs. The rotational speed of the discs is controlled by a solenoid valve. Two propellers are controlled by an electro-hydraulic forward-off-reverse valve. The propellers have no additional speed settings and are not independently controllable. The twin rudders are activated by a double-acting hydraulic cylinder controlled by a hydraulic valve.

The discharge pump is also driven by a hydraulic motor controlled by an electro-hydraulic solenoid valve.

A water pump is required to pump away the inflowing water after removal of the oil, thus creating a flow-through effect. This is also powered by a hydraulic motor.

The operation of all systems is achieved remotely through a control panel that would be clamped to the superstructure of a tender vessel. The craft's own propellers are designed for local manoeuvring. Launching and retrieval were performed by a boom truck for these tests. Long distance moving requires a flat bed truck, flat trailer or rail car. Most of the exterior hull area is smooth and continuous and as such eases cleanup. There are, however, some complicated mechanical assemblies and rough fiberglass areas that are very difficult to clean by conventional means. The construction details are highlighted in Figure 20.

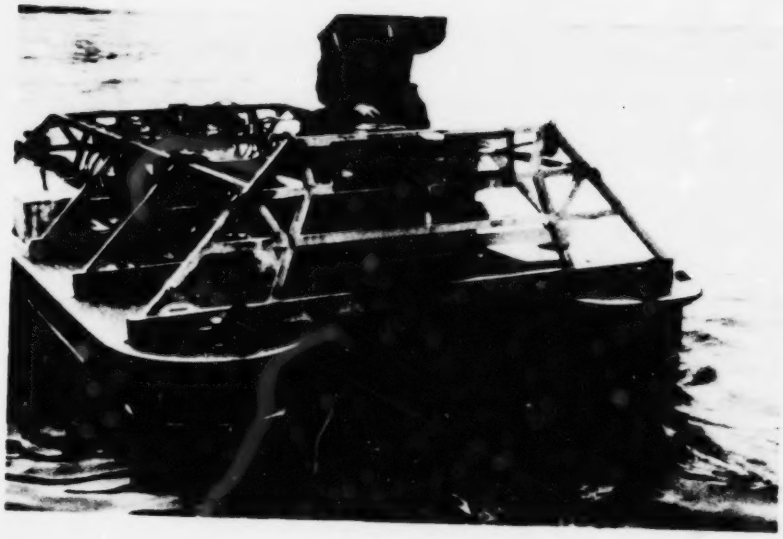


FIGURE 20 MORRIS MI-80 SKIMMER

2.6.2 **Test Results.** After deployment, operating the skimmer requires one person to control the propellers, the rudders, the discs, the water pump and the oil pump. This person can be either ashore (distance is limited by the length of the control cable), aboard the skimmer itself, or aboard a tender. After starting the main hydraulic pump engine, the skimming operation is initiated by running the water pump. The water flow draws the oil slick over the hydro-adjustable weir and the oil builds in thickness in the closed centre section between the two hulls. In order to recover oil with very low water content, it is

preferable that the discs rotate only when an oil layer sufficient to immerse them builds up around the discs. Thus, ideally, the ratio of the rate of oil recovered to the rate of total liquid recovered should be equal to the oil content factor of the liquid flowing over the hydro-adjustable weir. Based upon past testing this ratio should be between 5 and 40% for slick thicknesses between 1 and 18 mm of crude or diesel (Purves and Abdelnour, 1978). Therefore, the water pump rate should be between 2.5 and 10 times the oil recovery rate. During the evaluation program of the MI-80, it was not always possible to establish a desired pumping rate of water due to two factors. First, when air temperatures overnight dropped below 0°C, the pump froze; second, insufficient power was available to allow simultaneous operation of the propellers, discs, oil pump and water pump.

The tests were conducted in the refinery settling pond. A 91-metre boom was deployed and 1 m^3 of crude oil was spilled inside the boom. Due to winds of approximately 10 knots, the oil collected in the apex of the boom. The thickness of the slick was between 10 and 25 mm. Numerous mechanical problems were experienced with the unit and, in the end, the tests had to be performed with the hydro-adjustable weir positioned manually.

The results are presented in Table 5. As can be seen, the actual oil collected by the skimmer dropped significantly from test to test. Two reasons for this can be cited. There was a lack of oil penetration into the skimmer due to the lowered weir; as well, the air blowing from the engine on top of the water drove the slick away from the skimmer. Despite these problems, the tests were continued so as to provide a qualitative assessment of the operation of the device. Due to these mechanical problems, the quantitative test results are of limited significance.

2.6.3 Discussion.

Construction

The Morris MI-80 is an adaptation of the skimming principle used successfully in the MI-30 unit manufactured by the same company. The oil pickup and collection principles are well proven. However, the support systems utilized to carry the oleophilic discs and their scrapers in the MI-80 are ill-suited to their task.

Basically, the skimmer is a multiple system unit, with a relatively complex but not sophisticated set of electro-hydraulic controls. There are five hydraulic systems on the skimmer; when all five are operating, very close balancing of the hydraulic circuits is necessary in order not to overload the prime mover. There is no reserve power.

TABLE 5 MORRIS MI-80 SKIMMER TEST RESULTS (the hydro-adjustable weir and the water pump were not functioning)

Test No.	Liquid Recovered V_L (m^3)	Gross Oil Recovered V_G (m^3)	Water Content W (%)	Actual Oil Recovered V_o (m^3)	Oil Skimming Duration T (s)	Discs rpm Ω (min^{-1})	Liquid Recovery Rate Q_L (m^3/h)	Actual Oil Rate Q_o (m^3/h)
1	0.013	0.001	4	0.001	-	50	-	-
2	0.200	0.140	14	0.120	225	20	3.20	1.92
3	0.057	0.048	14	0.043	90	20	2.28	1.65
4	0.077	0.019	20	0.015	145	34	1.91	0.38
5	0.085	0.016	20	0.013	145	26	2.11	0.32
6	0.124	0.023	60	0.009	265	26	1.68	0.12

Oil and air temperature was +11°C ---- Disc rpm was the average measured; starboard side discs were turning 20% faster than portside ones --- Oil slick thickness was variable between 10 and 25 mm in the apex of the boom where 1 m^3 of oil was spilled.

The systems themselves do not appear to be well-balanced; for example, the water pump is a relatively small unit while the oil discharge pump is quite large. The reverse would seem to be more appropriate.

Three of the control circuits, namely those for the propellers, water pump, and oil discharge pump, are controlled by proportioning electro-hydraulic solenoid valves. Two of the three systems (the propellers and water pump) are of sizes such that on/off control switches are all that is required to operate them. Their maximum output is small enough that any intermediate control points are superfluous.

The centre portion of the hull is adjustable but fixed to the two outer support hulls. Changes in displacement due to loading or off-loading have a severe influence on the draft of the vessel, which in turn affects the rate of inflow over the hydro-adjustable weir, and the oil pickup capability. The centre section should be free to heave relative to the outer hulls with a minimal displacement change during operation. This could be effected, for example, by continuously off-loading product into the side hulls instead of allowing it to accumulate in the centre hull.

In general, the unit is mechanically complex and requires precise controls. It is therefore less practical for field use. The flotation system also requires redesign.

Prior to the trials, the manufacturer made it clear that this unit was intended as a test vehicle for the concept of arranging oleophilic discs in rows, and utilizing a manoeuvrable skimmer with a hydro-adjustable weir to gather the oil onto the discs. Environment Canada supported the investigations in view of the past success and quality of the company's skimmers. The oil collection principle in particular used in the Morris series of skimmers has been found to perform very well (Abdelnour et al., 1978; 1979). If a skimmer utilizing these principles is desired, the points noted above may be of value in guiding the design of such a unit.

The question still remains whether or not a smaller, self-contained skimmer featuring propulsion is a desirable and practical piece of hardware. In this regard, the development of the MI-80 skimmer was encouraged in the hope that a highly versatile oil recovery machine would evolve that could be launched and retrieved quickly from a dock or mother ship yet could manoeuvre within a contained slick. A much larger mobile skimmer does not offer this same deployment flexibility, particularly if higher seastates should arise quickly during a cleanup operation. The option of using smaller stationary skimmers which are less costly and complex is also, of course, available. The St. John's trials served to reassert to those personnel participating the relatively low seastate in which mechanical/physical oil removal is possible regardless of machine size. The testing

of the MI-80 in particular pinpointed many of the considerations one must take into account if a small, self-propelled oil recovery device is to be pursued.

If on-board storage is not available, any skimmer must be connected to a receiving vessel by an umbilical cord, and this will inhibit the skimmer's manoeuvrability. If a skimmer's manoeuvrability is low to begin with, the penalty in weight, complexity, and cost to make the skimmer semi-manoeuvrable may not be warranted. Small skimmers will virtually always be tended from a support position of some sort (floating or shoreside). Proper positioning of the containment barrier should allow optimum oil recovery from a stationary skimmer within that barrier for any given set of conditions.

The MI-80 unit proved to be seriously under-powered in terms of manoeuvrability. Because both propellers were on a common circuit, the manoeuvring characteristics of a normal twin-screw could not be achieved. The rudders were unable to turn the vessel into the wind if it was blowing more than about 10 knots.

It proved impossible to operate the unit so that the hydro-adjustable weir and the collection tubes to the oil collection sump were in phase. If the centre section was deep enough to allow water inflow over the weir, the collection tubes flooded. If the collection tubes and the oleophilic discs were at a proper operating level, the hydro-adjustable weir had to be held down manually to achieve any water/oil ingress, even with the water pump running full speed.

The test data discussed in the Test Results Section were obtained by operating the unit as well as could be achieved in oil, retaining the recovered oil on board the centre section, and then pumping off for shoreside measurement. When continuous discharge was attempted, the unit was simply uncontrollable with the 10 cm flexible hose trailing behind it.

The oleophilic discs worked as well as they had in past test programs. Once the oil discharge pump, a Granco positive displacement unit, was unfrozen, it moved and recovered oil satisfactorily.

The unit was tested in St. John's Harbour for seakeeping capability and the results were disappointing. When the centre section flooded due to inwash, the vessel settled and the after bulkhead of the centre section then became a barrier to the water through-flow. The unit settled in the water at a speed of 2 knots, to the point where approximately 5 cm of freeboard remained. It was not deemed prudent to tow any faster.

The causes of some of the difficulties observed during these trials can be rectified during any further developmental work.

Engine

1. The pre-heat arrangements are not sufficient for a cold climate. An air-inlet pre-heater is not normally deemed sufficient, and oil pan heating, block heating, and/or measured ether injection would be appropriate for any unit designed to operate in less than 0°C.
2. The governor-solenoid linkage should be re-built so that side loads on the solenoid plunger are eliminated. Some minor difficulties were encountered with the plunger sticking in its bore.
3. The engine should be noise-shielded.
4. The exhaust piping is in an inconvenient and dangerous configuration. Several burns were narrowly averted while personnel moved about the unit trying to adjust its operation.
5. The engine should be larger. It has barely enough power to supply the five-system demand on it.
6. The fuel lines should be more robust; repairs to one were necessary when it contacted a hot oil return line.
7. The fuel tank fill pipe is poorly arranged and awkward to fill without spillage. There should be a level indicator or sight gauge on the tank.

Construction

1. The engine fan discharge shroud diverted the radiator fan air blast down onto the water in front of the unit, at times effectively preventing oil from entering. The shroud should be redesigned to deflect the air upwards.
2. The improvised cover for the aft electrical terminal board furnished neither weather-tightness nor structural protection for the terminal board.
3. The oil and water pump discharge hoses were collapsible plastic pipe which kinked and restricted flow under pumping conditions. Hard flexible hose or solid pipe should be used for such piping runs.
4. No cold water drains were fitted on the water washdown systems. As a result, these were not utilized as there was no way of draining them.
5. The decks of the catamaran hulls were not oil-resistant and had neither non-skid surface nor toe rails to prevent slipping overboard. Several near misses were observed as personnel moved about the unit on the wooden panel decking.
6. The plastic hand hold covers on the deck are too fragile. Three were accidently broken during the course of the testing.

7. The discs should have an open grating or framework over them so that personnel can go from one side of the unit to the other without stepping on the discs.
8. The tillers hit the upper flange on the hulls in the hard-over position when the centre hull was raised. While this is not a normal operating configuration, provision should be made for either limiting the tiller travel or limiting the height to which the centre section can be raised.
9. No drains were provided in the water pump and oil pump casings and both froze. One thawed out overnight in the lukewarm water of the settling pond. The other required steaming to free.
10. The propeller duct inlets should be screened to exclude debris. Debris was jammed in one propeller upon receipt of the unit at the Coast Guard base, and difficulties were experienced during operation in the Holyrood pond with ropes and hoses entangled in the propellers.

Control Functions

1. The propellers should be independently powered so that twin-screw manoeuvrability can be achieved. The propellers should be larger to develop more thrust.
2. The tiller assembly needs a more visible rudder angle indicator. The operator could not see his rudder angle without stooping down to bring the tillers into view.
3. The centre section was very clumsy to raise and lower. The forward elevating screws were too close to a frame member to allow use of a speed ratchet to adjust them.

Hydraulic Circuits

1. The physical setting and arrangement of the solenoids and flow-control valves were overly compact and awkward.
2. The disc-rotating motors were in a series circuit which made equal adjustment of the disc bank rpms difficult at most speeds due to bypass leakage in the first hydraulic motor.
3. A non-proportioning hydraulic circuit would appear to be quite adequate for the intended service. The proportioning controls fitted were much more elaborate than their use warranted.
4. The cooling circuits to the hydraulic oil should have a greater heat transfer capability. If not watched, the oil could over-heat very quickly during a shop test. This same problem could be true for extended use although no tests were run to bear out what were thought to be limited allowances for hydraulic oil cooling.

Oil Recovery Systems

1. The hydro-adjustable weir at the inlet to the centre section was relatively ineffective. Its operating height appeared to be set too close to the level of the downcomer tubes from the disc scrapers. It was very difficult to set the trim of the unit so that the weir and the oil collection tubes were both operating.
2. The water pump seemed to have little effect on the unit's ability to ingest oil.

2.7 The Arctic Skimmer

(Manufacturer: Versatech Products Incorporated, North Vancouver, B.C.)

2.7.1 Operating Principle and Specifications. This oil skimmer employs a continuous, oleophilic inclined belt to collect the oil. The oil is removed from the belt by a squeeze belt and scraped into a sump. An onboard pump discharges recovered product. The ensemble is mounted on an aluminum twin hulled vessel incorporating a diesel power pack driving a hydraulic pump and other machine functions. Although not self-propelled, the unit can be towed through the water at speeds of more than 3 knots (see Figure 21). The overall dimensions of the unit are:

Length - 7.62 m
Width - 2.80 m
Height - 2.59 m

2.7.2 Physical Construction. The vessel has twin aluminum hulls with aluminum superstructure and oil collection equipment. A foam-filled stabilizing float is fitted to each side. The remainder of the skimmer is taken up with the power pack and the hydraulic systems. The pickup belt is constructed from a high strength polyester blend and, for best adsorption, it is designed to be operated at zero velocity relative to the flow of oil.

The belt is driven by a hydraulic motor powered by an onboard diesel engine. The collected oil is removed by an onboard 15 cm Moyno pump to any available storage. The Moyno pump is hydraulically driven with a maximum discharge of 30 m^3/h.

The skimmer employs two water spray jets to assist in herding the oil between the two hulls. It is similar to a system routinely used during testing at the U.S. test tank (OHMSETT) in New Jersey. The pump for the jets is run by a hydraulic motor powered by the onboard diesel power pack.

Flowthrough of water and oil can be controlled by a gill door which is adjustable depending on the relative velocity between the skimmer and the oil and on the

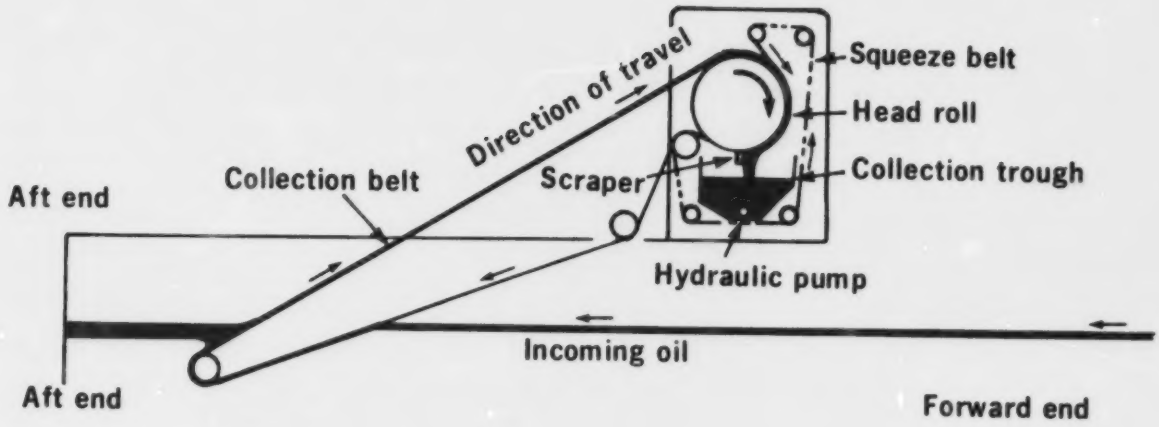


FIGURE 21 VERSATECH SKIMMER: TWO BELT SYSTEM AND PUMP

slick thickness. Debris is caught on a screen at the bow of the skimmer. Initial separation is achieved by a manually adjustable weir or ramp. Final separation is achieved by the oleophilic belt.

Land transport requires a large flat bed trailer, truck or rail car. The units large size requires oversize permission for highway travel.

Smooth continuous surfaces facilitate cleanup operations as do the centrally confined oil collection components.

2.7.3 Test Results. It was intended to quantitatively test the skimmer at sea offshore of St. John's; however, due to oil losses past the containment booms and the logistical difficulties involved in recording quantitative data at sea, observations were principally confined to the operational characteristics of the unit. The skimmer's oil recovery capabilities have been quantitatively tested at OHMSETT.

The skimmer is a large enough unit to have a realistic powering, skimming, and off-loading capacity for use in an offshore spill. It is small enough to be reasonably transportable, though maximum towing speed is limited to approximately 3 knots. The bow ramp must be in the maximum 'up' position to achieve this speed.

The unit had some difficulties with the water spray system due to component breakage, but otherwise worked quite satisfactorily from a mechanical standpoint. An auxiliary hydraulic powering option was not tested. The power unit was quite satisfactory and appropriate.

The stability floats proved to be very cumbersome to attach. They performed well once the skimmer was afloat. They distinctly enhanced the unit's stability, but they offered a not-insignificant resistance during towing to and from the spill scene (see Figure 22).

This unit and the Destroil were the only skimmers tested which could reasonably be considered capable of other than harbour operations. Even in near-shore conditions, the Arctic Skimmer pitched enough to create a turbulent zone just off the bow door. In still water, the bow door/weir concept worked well. However, in waves, an operator would be best advised to leave the bow door down during skimming.

The skimmer was well constructed and adequately powered. The controls were straight forward to operate and indicators were provided where appropriate. The only area where modifications might be suggested is in the design of the water spray booms. Those tested were prototypes, and accepted as such. Better topping and slewing control is necessary, and a shorter boom length would definitely be desirable if a satisfactory containment zone can still be established.

The unit tows as one might expect a blunt-bowed barge to tow. The deck level mooring butts at the bow promote downward trimming. A fixed towing bridle attached at or slightly below the waterline would allow a more stable towing configuration.

Some physical difficulty was encountered when attaching containment booms to the unit in wind conditions. In actual use, a length of boom should be left attached to each side of the unit and stacked on board so that on site connections can be made between two flexible boom members rather than between a flexible boom member and a relatively massive and immobile skimmer.

Some noise shielding around the engine would be in order although the hydraulic systems and their controls were well engineered and provided very satisfactory control.

The portability of the power pack is a particularly noteworthy concept. It would enable operation of the skimmer remotely from an attendant vessel. The development of the power pack as a separate item was originally conceived to minimize the weight of the skimming platform and thus promote easier handling and versatility, which it does.

FIGURE 22 THE VERSATECH ARCTIC SKIMMER

2.8 Skimmer Comparisons, Conclusions and Recommendations

Given the very different types of skimmers tested during this evaluation program - large offshore models, deckmounted or shoremounted models, and small harbour cleanup models - and the different oils skimmed as well as varying weather conditions, it is not possible to fairly compare one with the other. Nevertheless, assuming each skimmer is applied in its intended role, Table 6 shows an overall assessment. On this basis, as well as based on observations noted during testing, the following application guidelines are suggested:

1. The Little Giant requires a hard surface from which to work. Operation from a deck is possible but could be hazardous and slow. Shorebased operation with very viscous oil is the optimum application. At this stage of development, the Little Giant cannot be described as an effective skimmer; however, further work on the skimmer is underway and the concept appears to be promising.
2. The Destroil requires deck or shore space for the power pack and hose reel. The unit would work well in most applications with crude oil in calm sea conditions. It would not be effective in skimming a floating layer of highly viscous bunker fuel but could collect heavy oil at a temperature sufficiently above its pour point. Oil recovery is limited to the recovery rates of simple weir skimmers; product collection is possible in debris-infested conditions.
3. The Skim-Pak, because of its small size, should be limited to small to medium-size cleanup jobs in harbours or other small bodies of water. Oil recovery is limited to low viscosity materials and the recovery rates are comparable to other hydro-adjustable weirs. It would be very useful in small cleanups or in hard to reach places. Pumping at higher rates would be possible in significant oil thicknesses or in conjunction with oil/water separation facilities.
4. The Morris MI-80 skimmer demonstrated the numerous complications of applying the well-proven disc principle to an advancing oil recovery device. The many hydraulic functions and systems require further work if the concept is to be refined and the machine rendered practical for field use.
5. The Versatech Arctic Skimmer functioned well in a calm offshore environment with crude oil and its optional control packages appear to be well suited to their intended use.

TABLE 6 RATING OF THE SKIMMERS EVALUATED*

Evaluation Description	Skimmers					
	Little Giant	Destroil	Skim-Pak	Morris MI-80	Arctic Skimmer	Slicklicker
1. Skimmer Stability	N/A	4	4	4	4	N/A
2. Oil Collection Component	2	3	3	4	5	4
3. Hydraulic Systems	5	5	N/A	1	5	5
4. Propulsion	N/A	N/A	N/A	1	N/A	N/A
5. Ease of Maintenance and Repair	4	4	5	2	4	4
6. Ease of Adjustments	2	4	5	2	4	5
7. Power/Control Systems	N/A	5	N/A	1	4	4
8. Safety Aspects of Device	3	4	5	2	4	3
9. Hand Holds	N/A	2	5	N/A	N/A	N/A
10. Lifting Points	4	5	5	4	5	5
11. Tethering Points	2	3	5	5	4	4
12. General Robustness	4	5	4	2	5	4
13. Hydrodynamic Design	N/A	4	4	1	3	N/A
14. Ease of Cleanup	2	4	5	2	3	2

NOTE: 1 = Poor
5 = Excellent
N/A = Not applicable

* Given the different types of skimmers tested, the different oils skimmed and the varying weather conditions from test to test, it is not possible to fairly compare one skimmer with another. An assessment is given for each skimmer relative to its test conditions.

6. The Slicklicker, like the Little Giant, requires a hard working platform. The belt of this unit is quite satisfactory for handling bunker and solids, obtaining high recovery factors and low water content percentages. The Slicklicker has had extensive testing as a bunker and solids handling unit, and is at present widely used across Canada with satisfactory results. The recent modifications by Eastern Marine Services Ltd. have apparently enhanced its recovery rates. The present design is best suited to onshore work; however, the principle could be applied in a larger, purpose-built offshore vessel.

3 BOOM TRIALS

3.1 Introduction

The boom test portion of the evaluation program was conducted in two locations. Evaluations were undertaken in the vicinity of St. John's for all six booms while tank trials in Leonardo, New Jersey, were performed on one product, the Versatech Products Incorporated Zooom boom. The details of the testing procedures for both phases are reviewed in the section which immediately follows.

Because of the Zooom boom's similarity to the Arctic Marine Oil Spill Program (AMOP) boom, a single discussion of test results covers both booms (see Section 3.4). The differences between the two booms are given in the separate product descriptions provided.

3.2 Methodology

The test method employed in St. John's for each boom was identical save for the mechanical changes necessary during deployment and retrieval. The boom under test was uncrated. It was then deployed, either over the side of the Coast Guard pier or from the vessel C.C.G.S. *Makkovik*. As the *Makkovik* steamed to the test site, each boom was towed in a streamed configuration and the towing force was measured by a dynamometer installed in the tow line.

Once at the test site, the boom was pulled into a catenary by two vessels, or the free end was picked up by one vessel (in the case of booms which had been tied off to the buoys previously) and the boom was towed or held in the catenary position while two line force measurements were taken. The distance across the mouth of the catenary was varied and was measured with an optical range finder. Early in the test program, it was established that the direction of tow relative to the wind and waves made very little difference to the force imposed on the tow lines. Thereafter, all catenary tows were made into the wind and sea as would be the case in a real spill.

To measure retention performance, a barrel of oil was pumped or poured into the catenary from the *Makkovik*. The oil/boom interaction was observed from a small open boat at the apex of the boom and the time for all of the oil to escape was measured.

Those booms which were to be endurance-tested were streamed from one of the mooring buoys. When a boom was to be retrieved, it was towed in and recovered in the inner harbour through various means as discussed in subsequent sections. All recoveries took place directly on shore; no at-sea recoveries were attempted due to lack

of space on the workboats. During recovery, the booms were examined for damage, deflated and dewatered as appropriate, and trucked to the Coast Guard base for cleaning and stowing.

The usual test fleet consisted of two Boston Whalers with twin 85 hp outboards, and the 20 metre patrol vessel C.C.G.S. *Makkovik*. The *Makkovik* functioned as the command post and was the normal observation post for visiting personnel. High-load dynamometer measurements were always taken from the *Makkovik*. Low-load measurements were taken from the Whalers, but the greater force variability due to fast surging made those data less accurate. The deployment module for the AMOP boom was towed by the *Makkovik*.

Testing was conducted approximately 3 nautical miles south of St. John's Harbour in Blackhead Bight. This area, sheltered by cliffs to the west and a peninsula to the south, is at the eastern extremity of the North American continent, with water temperatures, ice conditions and seastates reasonably representative of the Grand Banks exploration areas. The site was chosen for ease of access from St. John's, good anchorage, and the selection of westerly winds available depending upon the distance from the cliffs. Currents in the area are 1/4 knot or less and variable on tides averaging 1.5 metres.

Deployments and retrievals took place principally from the Coast Guard Base on the southside of St. John's Harbour. The Coast Guard boats along with any floating skimmers or deployment modules were moored at a slip in the harbour each night. Two can buoys were moored in Blackhead Bight by C.C.G.S. *Skidegate* prior to the start of the tests. During several tests, one end of a boom catenary was made fast to one of the buoys while a vessel positioned the other end. These buoys also served to moor booms which were left out for several days during periods of bad weather when no detailed testing was possible.

Overall, the principal criteria applied to evaluate the booms in St. John's were oil retention characteristics, durability and towing loads. It was assumed that if a boom performs well with regard to the first two characteristics and conforms to available vessel power, an operator would accept more difficult deployment or retrieval.

In the case of the Zooom boom, a further evaluation was conducted in the Oil and Hazardous Materials Simulated Environmental Test Tank (OHMSETT) in Leonardo, New Jersey, about eight months following the field trials in St. John's. The purpose was to quantify oil retention capabilities and determine the oil loss mechanism of the boom. Sea conditions and test configuration did not permit these investigations off St. John's.

A 30.5-m length of the Zooom boom was tank-tested in a catenary configuration using OHMSETT Circo X heavy oil. The physical properties of the test oil are listed in Table 7.

Initial testing determined optimal tension member length and was accomplished with 1.89 m^3 oil charges. These tests were run with the tension member:

a) at the length delivered;
b) shortened by three chain links; and
c) shortened by six chain links.

In each of these three optimization tests, the boom was towed at 0.5 knots and the speed increased in 0.1 knot increments until gross failure was observed. The speed of first loss and the speed of gross failure were noted. The tension member tow tests were run in calm water.

The performance tests were run with 3.79 m^3 oil preloads and the tension member at the optimal length. There were five calm water sequences, and four regular wave sequences. Each test sequence was run to document the loss rate : speed relationship for near critical tow speeds. Each test sequence was initiated by running a short test to determine the critical speed in that particular condition. These runs were begun at 0.5 knots and the speed increased through the observed critical speed. Then a series of runs were conducted to measure loss rates at near critical speeds. The test arrangement is shown in Figure 23.

The boom was towed from the main bridge into the waves. The total time of the run and the time required for the main bridge to travel a premarked distance of 30.48 m were noted. During the tow-back procedure, all oil lost by the Zooom boom was sandwiched between the OHMSETT auxiliary bridge boom and another boom placed in the water.

The length and width of the captured slick were measured directly and its thickness determined. The resultant volume and measured time of run together determined boom loss rate.

3.3 The Arctic Marine Oilspill Program (AMOP) Boom

(Manufacturer: McAllister Engineering Ltd., Vancouver, B.C.)

3.3.1 Description and Specifications. The AMOP boom was manufactured in 30.5-m sections with an overall height of 107 cm made up of 66 cm freeboard and a 41 cm draft. A self-inflating cylinder provides the flotation and supports a straight wall curtain.

TABLE 7 PHYSICAL PROPERTIES OF OHMSETT TEST OIL

Date	Water Temperature [a] (°C)	Visocity at Water Temperature [b] (cm^2/s)	Specific Gravity [c]	Surface Tension [d] (mN/m)	Interfacial Tension [d] (mN/m)	% Water and Bottom Solids [e]
11/11/80	7.6	32.50	0.938	37.3	9.0	0.1
12/11/80	6.2	26.00	0.937	36.0	11.5	0.1
13/11/80	5.9	39.00	0.930	37.0	14.3	0.1
14/11/80	6.6	42.00	0.938	37.0	8.0	0.1

(a) The water temperature was taken between 0800 and 0830 daily with digital Markson thermistor.

(b) The visosity was taken at room temperature (18°C) with Brookfield model LVT viscometer and at approximately 75°C with Fisher/Tag Saybolt viscometer and converted using procedures in ASTM STP 43°C and extrapolated using ASTM D341 procedures.

(c) The specific gravity was found with a hydrometer.

(d) Both the surface tension and interfacial tension was found using a Fisher Scientific model surface tensionmat.

(e) The percentage bottom solids was found using ASTM D 1796-75 with toluene.

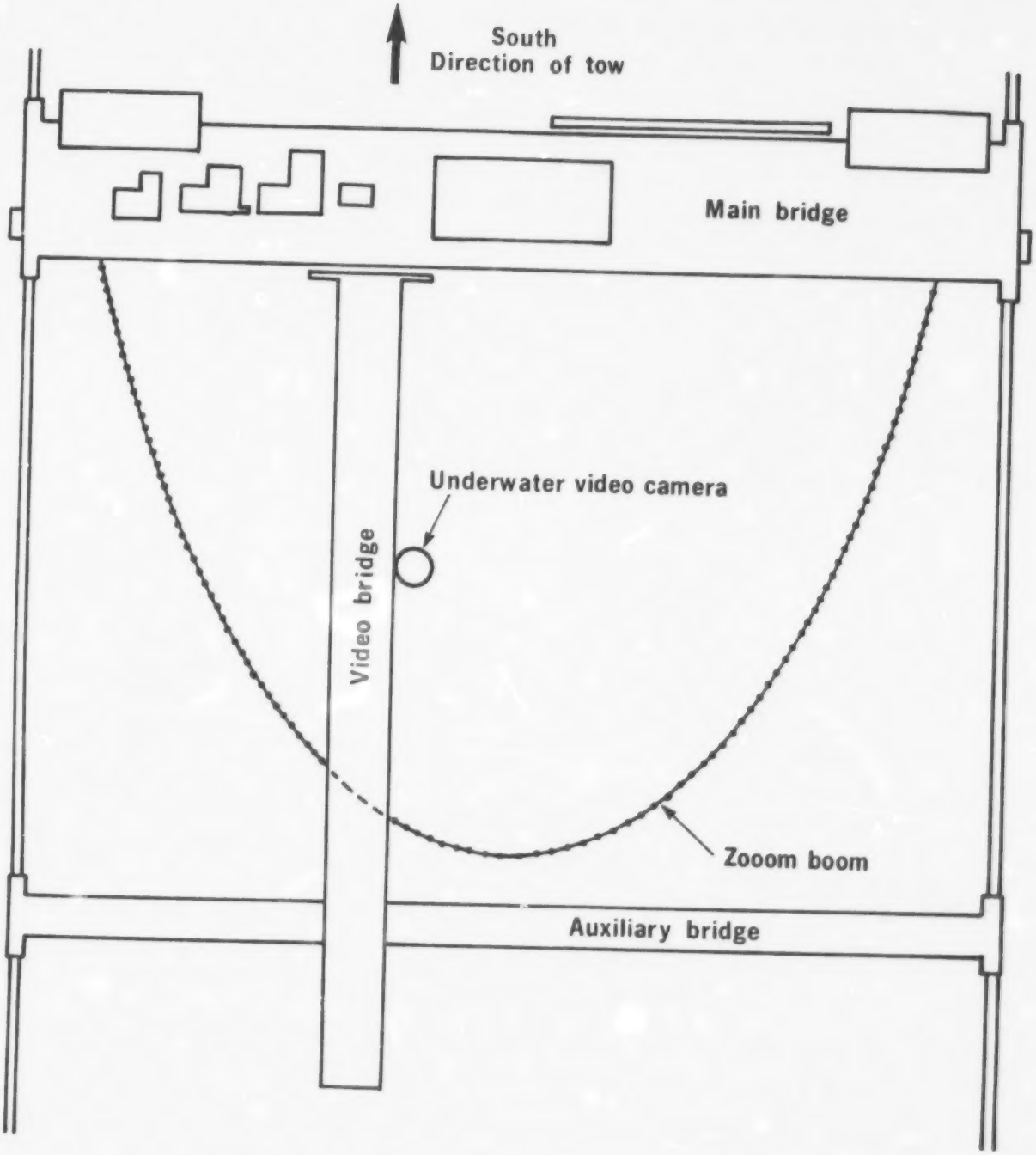


FIGURE 23 LAYOUT FOR OHMSETT TESTING

Tension in the boom is taken up by a steel chain located in a pocket at the bottom of the curtain. This chain also provides the necessary ballast.

The boom is fabricated from an elastomer-coated nylon fabric. The flotation cylinder is divided into multiple watertight compartments each with its own one-way neoprene valve in a plastic housing. The end connections are the "Z" bar boom connectors that were being considered for acceptance as the ASTM standard connector. The boom and the connection detail are shown in Figure 24.

The boom can be stored, shipped and deployed from a purpose-built vessel as shown in Figure 25. The overall dimensions of the vessel (which can store up to 366 m of boom) are as follows:

Hull length - 8.3 m
Beam - 2.75 m
Height - 1.15 m
Superstructure height - 0.9 m

The vessel has a fiberglass hull and is capable of holding up to 12 sections of boom. The 12 sections are placed on three different levels. Deployment is achieved by dropping the vessel's rear door and releasing a drogue to withdraw the boom as the vessel is towed through the water. The rear door can be opened by removing the safety catches and triggering the locks remotely or manually.

Retrieval was accomplished by pulling the boom over a wharf roller. A boom truck or crane could also be used. Six men were required to stow the boom in the module. A repacking frame manufactured by Versatech Products Incorporated was available, but the frame needs some modification to be of any value.

This boom was not cleaned as part of these tests, but the smooth unobstructed surfaces should facilitate cleanup.

3.4 Zooom Boom

(Manufacturer: Versatech Products Incorporated, North Vancouver, B.C.)

3.4.1 Description. The Zooom boom is similar to the AMOP boom and the two are completely compatible (see Figure 24). The Zooom boom:

1. is made of slightly lighter fabric giving it a weight reduction of about 1.5 kg/m;
2. uses one way valves of different construction to achieve the same result; and
3. has longer "Z" connectors that nonetheless match with the AMOP boom connectors.

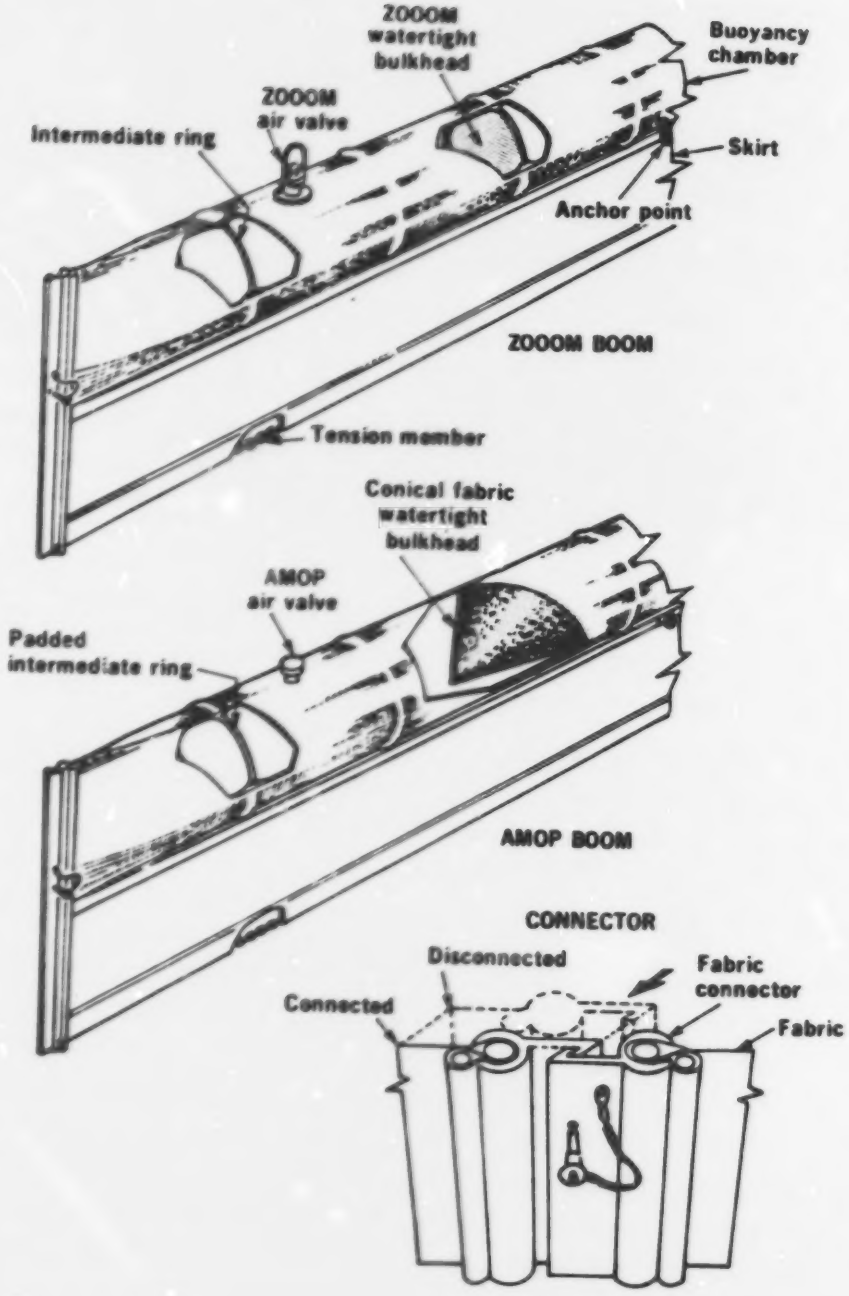


FIGURE 24 GENERAL CONSTRUCTION FEATURES: SELF-INFLATING BOOMS

FIGURE 25 BOOM DEPLOYMENT MODULE UNDER TOW

Because of the compatability of these booms they were connected together as one for testing purposes.

3.5 Zooom/AMOP Boom Evaluations

General Comments

Although very similar in design, tests were performed in St. John's to compare key functional characteristics (towing loads, seastate response, oil retention characteristics) between the Zooom and AMOP booms. Except where specifically noted below, all comments and observations can be considered to apply to both booms. The only notable difference in functional characteristics was that more water leaked into the AMOP boom during the course of the St. John's tests. Other than that, the booms behaved identically.

Deployment

Sections of the Zooom and AMOP booms were joined and stowed together in compressed form on racks in a 'deployment module' (a converted pleasure craft hull). The hull and its trailer had suffered damage in transit, and repairs were made prior to deployment. The module was lowered into the water and towed to the mouth of the harbour. By that time, it had developed an estimated 30° list to port and the decision was made to deploy the boom just outside the harbour to avoid a potential capsize. The boom deployed without problems; however, two sections of stowage rack were carried over the stern during the deployment and had to be retrieved. The boom expanded and inflated as designed, and was tied off to one of the mooring buoys. The deployment module was returned to the harbour and the stern-ramp door was lifted and relatched. On examination, a quantity of fresh water was found inside the hull. It was assumed to be rainwater accumulated during storage and shipment that had not been detected in the pre-launch inspection because it was frozen. As this water thawed after launch it probably collected to one side and caused the progressive list that had not been experienced in a previous sea trial off Vancouver.

3.5.1 **Test Results -- St. John's.** Sections of the AMOP and Zooom booms were towed individually to confirm that their drag was identical. The two booms were then connected to the Arctic Skimmer with the intention of containing and deflecting two barrels of oil which were spilled upwind of it. Approximately half of the oil eventually entered the skimmer where it was recovered. The remainder, or approximately one barrel, soon passed under the boom. The loss was unexpected because of past effective performance of its smaller harbour-sized predecessor.

Opinion varied as to the failure mechanism of the boom. According to some observers, small reflected waves of 4 to 8 cm appeared to cause a downward flow that took oil under the boom. Others believed that the boom skirt flared back with the current resulting in an oil loss simply by drainage or underflow. Neither theory could be confirmed in the open ocean conditions where observations were made from moving platforms and were only possible from above the water's surface. Some splashover in larger waves was occasionally observed. The base of operations, which was several hours steaming from the test site, combined with the inclement weather, did not allow for a more comprehensive examination of the boom. Because of the subjective nature of these observations it was subsequently decided to evaluate the commercially available Zooom

boom in the OHMSETT facility where the controlled conditions and the underwater video cameras would permit determination of the oil loss modes.

Following the oil retention tests, the skimmer was disconnected, and the two sections of boom were re-linked and attached to one of the mooring buoys. After a visual inspection for security of the connectors, the boom was left for a period of four days, during which time a severe storm passed through the area. One of the boom's connectors parted at some point during the storm, and a 70-m section of the boom broke free presumably because a connector had not been correctly pinned. In addition, most sections had taken on water and some were as much as half full. It was later determined that the valves on the AMOP boom had leaked to a greater degree than those on the Zooom boom.

The ASTM connectors were very difficult to handle and hook-up, when this operation was required, with the boom deployed. The pins required bare-handed operation and were difficult to check for security after they had been installed. Underwater, the differential rate of expansion between the aluminum and stainless steel parts of the ball-locked ends made them very difficult to remove. While the geometry of the connector allows direct connection (one does not have to insert one end of the boom into the other), the lack of a positive alignment guide is a severe handicap when trying to align two 6 mm diameter holes opposite one another. The problem is compounded when working from a moving boat at sea with two lengths of boom under varying tension.

Both booms towed well at all speeds. The straight line towing forces for the AMOP and Zooom booms are shown in Table 8 and Figure 26 while the catenary towing forces are shown in Table 9 and Figure 27.

Towing resistance for the straight line tests increased linearly with increasing boom length and tow speed. Towing resistance increased as gap width increased in the catenary tests. Towing speed generally decreased as the boom gap was widened due to the limited power of the two Whalers used for the tests. The boom did not display any tendency to twist during catenary gap changes.

Following the sea trials, the boom was towed into the harbour and retrieved at the wharf edge in sections over a caplog roller developed by the Coast Guard group in St. John's. As each air inlet valve passed through the rollers, it was removed or uncapped. The Zooom boom had tethered caps which were judged preferable to the AMOP design which called for complete removal of the valve.

Numerous failures were noted in the glue line of the AMOP boom valves. This destroyed the non-return action and resulted in significant water leakage, sometimes

TABLE 8 TOWING FORCES AMOP/ZOOOM BOOM STRAIGHT LINE TEST RESULTS

Test No.	Test Day	Boom Type	Sea-state	Boom Length (m)	Towing Speed (m/s)	Measured Force (N)
1	7/3/80	Zooom & AMOP	2-3	366	3.0	7 787
2	7/3/80		2-3	366	3.8	11 570
3	7/3/80		2-3	366	2.5	6 230
4	7/3/80		2-3	366	3.8	11 347
5	7/3/80		2-3	366	4.3	13 572
6	7/3/80		2-3	366	4.3	13 572
7	7/3/80		2-3	366	4.3	13 572
8	7/3/80		2-3	366	4.3	13 795
9	7/3/80		2-3	366	2.3	5 117
10	7/3/80		2-3	366	2.1	5 340
11	7/3/80		2-3	366	2.1	4 450
12	8/3/80	Zooom	0-1	183	2.4	3 671
13	8/3/80		0-1	183	2.4	4 561
14	8/3/80		0-1	183	4.0	5 451
15	8/3/80		0-1	183	3.0	3 894
16	8/3/80		0-1	183	1.7	2 336
17	8/3/80		0-1	183	0.9	890
18	11/3/80		4-6	91	0.5	445
19	11/3/80		4-6	91	0.9	600
20	11/3/80		4-6	91	0.8	556
21	11/3/80		4-6	91	0.6	311
22	11/3/80		4-6	91	0.8	356
23	11/3/80		4-6	91	1.7	3 115
24	11/3/80		4-6	91	2.4	3 782
25	11/3/80		4-6	91	2.0	3 671
26	11/3/80		4-6	91	4.8	4 895
27	11/3/80	AMOP	4-6	121	1.0	1 335
28	11/3/80		4-6	121	1.3	1 735
29	11/3/80		4-6	121	1.5	3 004
30	11/3/80		4-6	121	1.6	3 894
31	11/3/80		4-6	121	2.0	4 672
32	11/3/80		4-6	121	1.6	4 784

half-filling the chamber. Some water leakage also occurred in the Zooom boom, though to a lesser degree. It is believed that both booms might have had severe buoyancy problems had they been left out longer.

Once retrieved from the harbour, the boom was compacted and stowed in individual lengths in the deployment module. With a five man crew, no difficulties were encountered in storing the boom although a lot of effort was required. The module

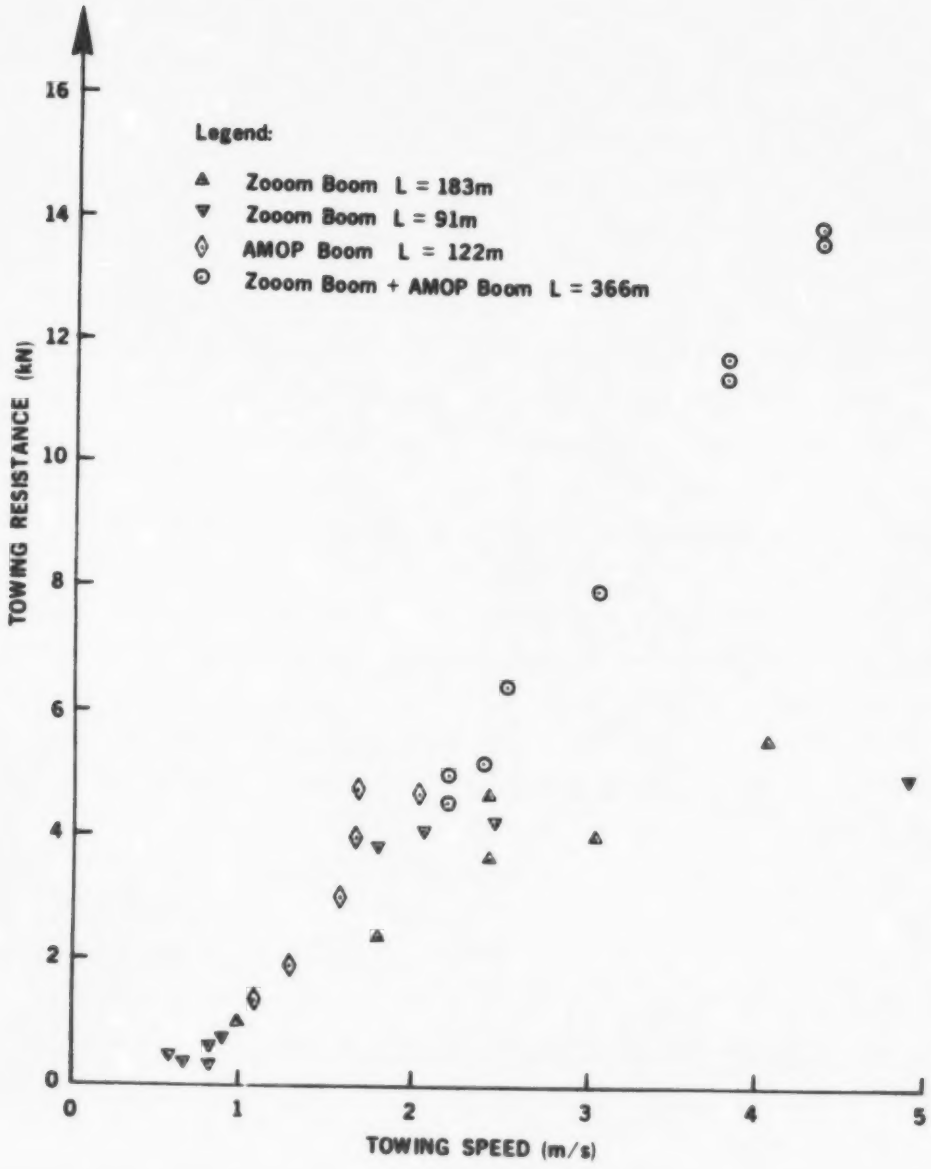
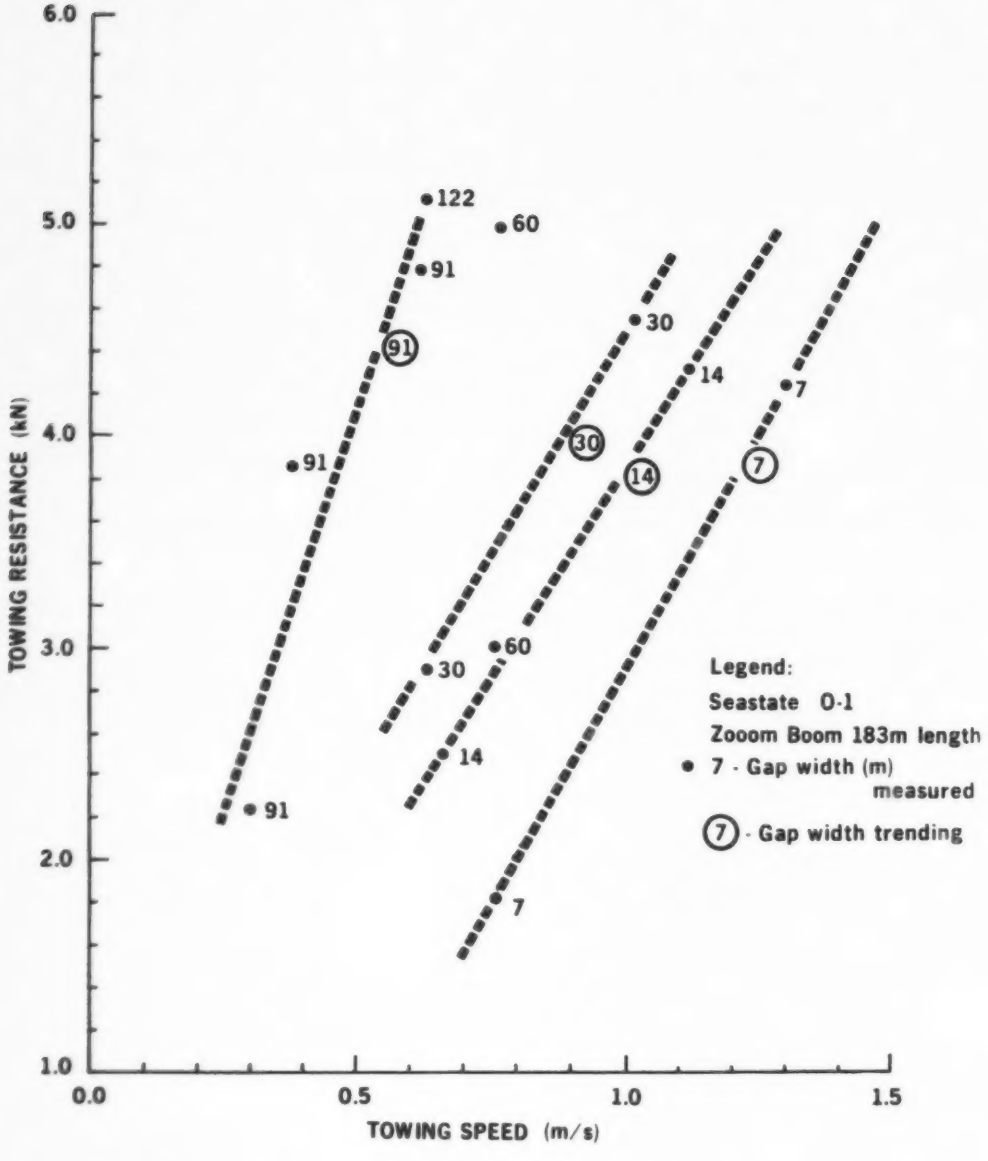


FIGURE 26 TOWING RESISTANCE OF THE ZOOOM AND AMOP BOOMS

TABLE 9 TOWING FORCES AMOP/ZOOOM BOOM CATENARY TEST RESULTS

Test No.	Test Day	Boom Type	Seastate	Gap Width (m)	Boom Length (m)	Towing Speed (m/s)	Measured Force (N)
1	7/3/80	Zooom & AMOP	2-3	244	366	0.61	3 337
2	7/3/80		2-3	152	366	0.66	3 671
3	7/3/80		2-3	91	366	0.82	4 005
4	7/3/80		2-3	30	366	1.12	3 560
5	8/3/80	Zooom	0-1	7	183	1.32	4 161
6	8/3/80		0-1	14	183	1.22	4 294
7	8/3/80		0-1	30	183	1.02	4 561
8	8/3/80		0-1	60	183	0.76	4 939
9	8/3/80		0-1	91	183	0.61	4 784
10	8/3/80		0-1	122	183	0.61	5 117
11	8/3/80		0-1	91	183	0.31	2 225
12	8/3/80		0-1	91	183	0.36	3 849
13	8/3/80		0-1	60	183	0.76	3 003
14	8/3/80		0-1	30	183	0.61	2 892
15	8/3/80		0-1	14	183	0.66	2 447
16	8/3/80		0-1	7	183	0.76	1 780
17	11/3/80		4-6	21	91	1.12	3 337
18	11/3/80		4-6	30	91	0.61	1 780
19	11/3/80		4-6	14	91	0.31	1 446
20	11/3/80		4-6	14	91	0.36	1 335
21	11/3/80		4-6	14	91	0.87	1 335
22	11/3/80		4-6	21	91	0.92	2 670
23	11/3/80		4-6	7	91	1.22	2 225
24	11/3/80		4-6	30	91	0.61	2 336



Note: Figure utilizes data from calm seastate and one boom length only.

FIGURE 27 BOOM TOWING RESISTANCE AS A FUNCTION OF TOWING SPEED AND GAP WIDTH

lacked structural rigidity and deformation of the sidewalls hindered closing of the rear door. The supports and portable floor were awkward to work with.

The material for the booms seemed adequate for the job. Only one 20 cm tear near a chain pocket was noted. The boom was only lightly cleaned prior to stowing and presented no major problems in this regard due to the smooth surface of the material.

3.5.2 Overview -- St. John's Tests. The sea trials of the Zooom and AMOP booms demonstrated the difficulty of making a quantitative evaluation of oil containment products in open water conditions. On the other hand, a thorough operational assessment was possible including durability, towing, deployment and retrieval characteristics. The tests disclosed a leakage problem, particularly in the AMOP boom, and confirmed the importance of having a valve that allows air to pass but not water. Deployment characteristics and durability were satisfactory (despite the problem with the module). The ASTM connector proved difficult to use with the booms deployed in the water.

3.5.3 Test Results -- OHMSETT Trials. The evaluation procedure employed at the New Jersey test tank is fully described in Section 3.2. Basically, oil retention was examined for various tow speeds in preset wave conditions.

The Zooom boom test results in calm water and regular waves show a definite pattern (see Table 10 and Figures 28 and 29). The boom reaches a critical velocity at between 0.60 and 1.15 knots. The boom will effectively contain oil with negligible loss below its critical tow speed. After the critical tow speed is reached, the loss rate grows very rapidly as speed increases. Calm water tests run initially to determine optimum performance demonstrated that a slight decrease in tension member length (100-200 mm per section) gives better results, but a greater decrease (220 mm) results in declining performance.

The longer wave lengths, 19.2 m, gave results comparable to calm water tests. The increase in wave height from 0.19 to 0.41 m appears to have no dramatic effect on loss rate. The boom was also tested in three waves of essentially equal wave height (0.19 m) but having dramatically different wave lengths. These tests give an insight into a more critical wave parameter. The trend indicated suggests that shorter wave lengths are much more of a problem for the Zooom boom. The shortest wave tested (0.19 x 2.77 m) was a breaking wave which had whitecaps for the south half of the tank. As the boom was towed south into the breaking waves, the steepness of the waves increased. The loss rate of the boom increased as it entered the white caps. This loss was visually apparent, but unmeasured. Only the overall average loss rate was measured.

TABLE 10 TEST RESULTS OHMSETT TRIALS

Wave Condition (height (m) x length (m))	Tow Speed (knots)	Loss Rate (L/min)
Calm Water	0.78	2
	0.88	6
	1.00	38
	1.13	199
	1.15	320
	1.27	1364
	1.36	2274
0.41 x 19.22	0.80	1
	1.00	12
	1.11	312
	1.20	323
0.19 x 2.77	0.50	1
	0.68	103
	0.77	212
	0.89	390
0.19 x 19.22	0.80	1
	1.00	2
	1.07	19
	1.20	323
	1.24	553
0.19 x 8.31	0.90	139
	1.00	168
	1.07	451

The trials confirmed previous user reports of the effectiveness of the basic Zooom boom concept.

Confidence in Reported Results

The OMHSETT bridge speed indicator was calibrated against measured distances and times in the spring of 1980. The results indicated that the speedometer is accurate to within 5% of the requested value. The tow speed was measured and recorded for each of the tests and was generally within 3% of the requested value. The speeds listed in this summary are the actual measured values.

The loss rate for the Zooom boom gave data that follow the expected trend. However, due to the results of certain tests, it was concluded that the method used to determine the loss rate may be erroneous. The measured rate in these tests is believed to be lower than the actual loss rate.

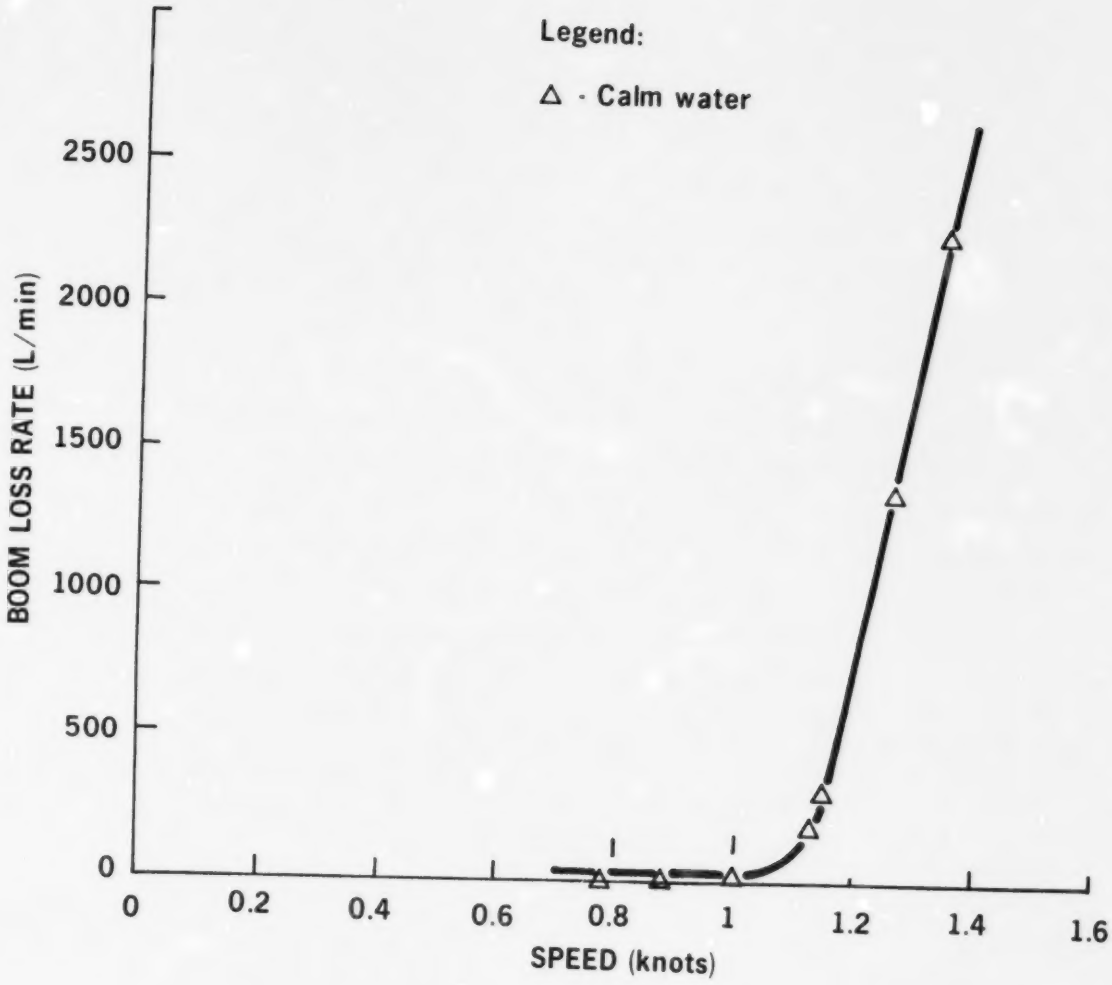


FIGURE 28 ESTIMATED LOSS RATE OF THE ZOOOM BOOM IN CALM WATER CONDITIONS (using heavy oil)

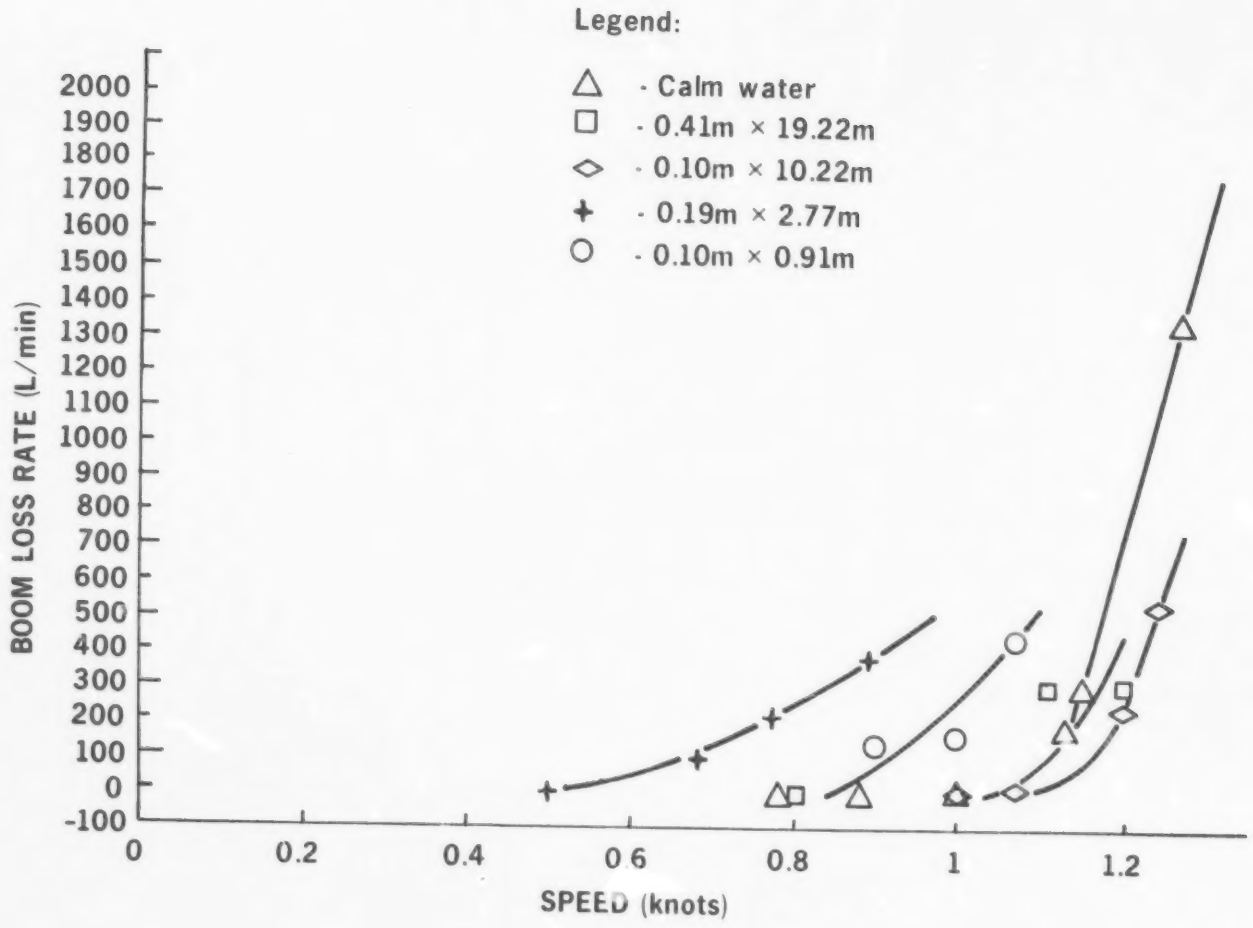


FIGURE 29 ESTIMATED LOSS RATE OF THE ZOOOM BOOM IN ALL ENVIRONMENTAL CONDITIONS

The results of the speed/loss rate tests are shown in Figure 28 for calm water and for all tests in Figure 29.

Loss Mechanism

The boom losses were documented using underwater videotape and 16 and 35 mm film taken through the underwater windows. This documentation shows that although some entrainment of the oil occurred at the head wave, the majority of the loss occurred because of drainage. The only clear cut deviation from this classical loss mechanism was a loss that occurred in the shortest wave tested. The shorter period of the wave created rapid vertical movements of the apex of the boom. This vertical movement tended to cut the captured slick into snake-like sections in the water column. These sections travelled radially outward from the boom and roughly parallel to it. At no time in the tests was splashover a significant problem.

Conclusions

The Zooom boom is essentially a well planned and constructed oil boom. The minor problems that were associated with this particular boom should iron out with relative ease. When used in the field, an observer should be able to easily perceive the critical speed of the boom if it has been deployed with the optimum length of tension member. The early loss rate increases slowly with speed, but once the critical speed of the boom has been achieved, the gross loss is easily apparent. The oil keeping ability of the boom is predictable to some degree, and the more critical factor will be the ability to control tow speed within these relatively tight limits. The boom was towed through 2.5 knots without physical damage.

3.6 Albany Oilfence

(Manufacturer: Oil Spill Containment Corporation, Albany, N.Y.)

3.6.1 Description and Specifications. The Albany Oilfence is a flat vertical boom with outrigger floats providing buoyancy and stability. Available in different sizes, a 1.2-m boom was tested during this program. The boom is symmetrical around the waterplane allowing its use either way up. The end connectors are a slide type with no right or left end. The boom detail is shown in Figure 30.

The boom was shipped in four plastic crates each containing 30.5 m of boom. The crates used for shipping the boom to Newfoundland arrived in poor condition. They were no longer serviceable and new ones had to be constructed.

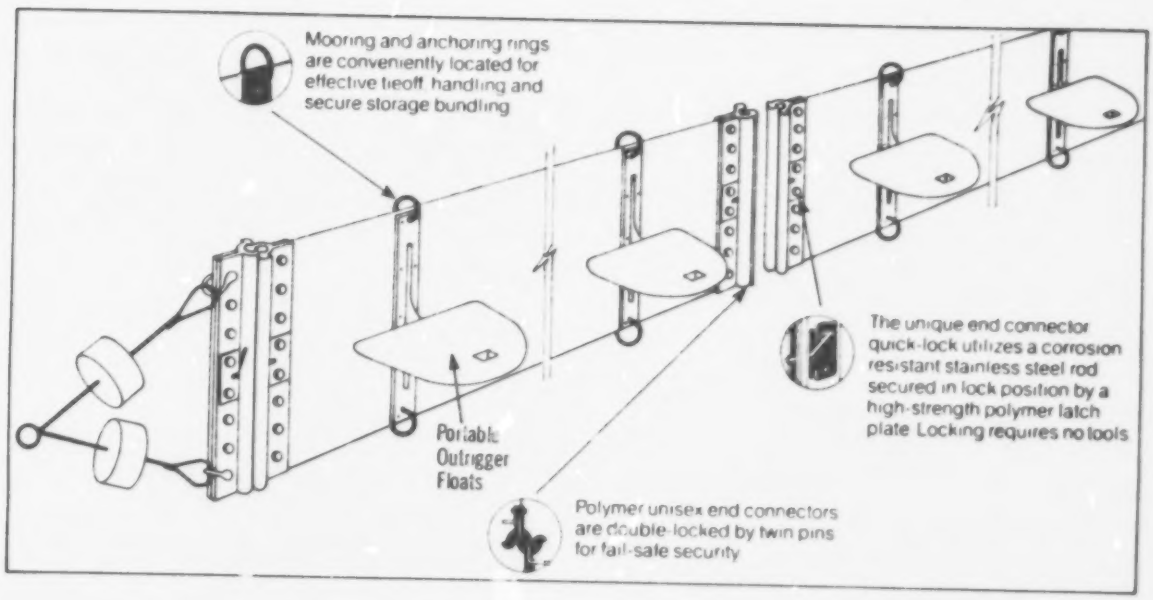


FIGURE 30 CONSTRUCTION FEATURES OF ALBANY OILFENCE

The boom fence is made from a polyester fabric impregnated with polyurethane. The rotatable outrigger floats are constructed from closed cell polyurethane enclosed in cross-linked polyethylene. The 60-cm wide floats are spaced 2.2 m apart with handles provided at every float. Connections between 30.5-m sections are made with a polyethylene slide and locked by stainless steel pins. Towing bridles can be attached at either end of a section (see Figure 30). The weight is 38.1 kg/30.5 m.

Deployment requires substantial deck or dock space. Having joined the 30.5-m sections together, they can simply be pushed into the water. Retrieval was accomplished by lifting 30.5-m sections out of the water with a boom truck and placing them on the dock.

No cleanup was required because no oil retention tests were performed. However, its smooth, continuous surfaces and lack of hidden parts should allow easy cleanup.

3.6.2 Discussion of Field Trials.

Deployment

Connection of boom sections and subsequent deployment was easily accomplished. No lifting equipment was required to lower the Albany Oilfence into the water. The highly durable material of the boom withstood abrasion against the paved dock and against the dock face without any visible damage.

Testing

The boom was streamed out to the mooring buoy and tow line forces were measured. It towed well, always remaining stable when pulled from one end. Tow line forces were high on a per metre basis, as shown in Table 11 and Figure 31. The resistance of the floats is the obvious cause for the high towing resistance. The boom was then towed in the catenary shape (see Table 12). Its wave response was satisfactory. During some tests in seastate 3-4, it was noted that the boom would "bridge" between wave crests so that the floats were 30-35 cm above the deepest part of the wave trough. Oil loss under the boom can be expected in short, steep seas.

TABLE 11 TOWING FORCES, ALBANY OILFENCE STRAIGHT LINE TEST RESULTS

Test No.	Test Day	Seastate	Boom Length (m)	Towing Speed (m/s)	Measured Force (N)
1	7/3/80	0-1	122	2.50	10 000
2	7/3/80	0-1	122	3.05	12 710
3	7/3/80	0-1	122	3.05	15 140
4	10/3/80	0-1	122	1.05	2 710
5	10/3/80	0-1	122	1.95	6 710
6	10/3/80	0-1	122	2.15	8 860
7	10/3/80	0-1	122	2.17	10 000
8	10/3/80	0-1	122	3.05	14 000
9	10/3/80	0-1	122	3.05	15 570

When opening or closing the catenary mouth, the boom showed a tendency to roll half-twists in itself. They were easily straightened out in all instances by casting off

TABLE 12 TOWING FORCES, ALBANY OILFENCE CATENARY TEST RESULTS

Test No.	Test Day	Seastate	Gap Width (m)	Boom Length (m)	Towing Speed (m/s)	Measured Force (N)
1	7/3/80	0-1	-	122	0.76	4450
2	7/3/80	0-1	30	122	0.76	3560
3	7/3/80	0-1	30	122	0.66	3337

the other end of the tow line. This procedure would be impracticable in rough offshore conditions.

At one point, the boom was accidently crossed over itself and towed in such a fashion that almost the entire length of the boom was dragged across a section of the boom near one end. No damage resulted. The mounting of the floats and the materials for the floats, the stiffeners, the connectors, and the main boom skirt are exceptionally strong and durable.

The boom was left tied to the mooring buoy for four days. On inspection, some minor icing was noted at the plastic rings at the upper ends of the connectors. Otherwise, icing did not seem to be a problem, even with the high freeboard of the boom. It appears that the continuous flexing of the boom skirt sloughs off the ice as soon as it has formed to any significant degree and the floats remain in the water to the point that ice does not form on them at temperatures near the freezing point.

Tests were halted before oil retention could be assessed. The boom is large, and its vertical face should retain oil satisfactorily in a seastate 1-2.

In seastate 3 and above, it is possible that mixing action of the floats combined with "bridging" might produce underflow problems.

Retrieval

The boom was streamed into the harbour. A line was passed through about ten of the rings on the upper edge of the boom and that section was lifted clear of the water by the Coast Guard's boom truck. Subsequent lifts were made on shorter lengths of boom directly through individual rings. Both methods worked without difficulty. Significant difficulties would have been encountered because of the number of floats which can catch and snag, if a boom truck had not been available to lift the boom clear of the water and onto the pier.

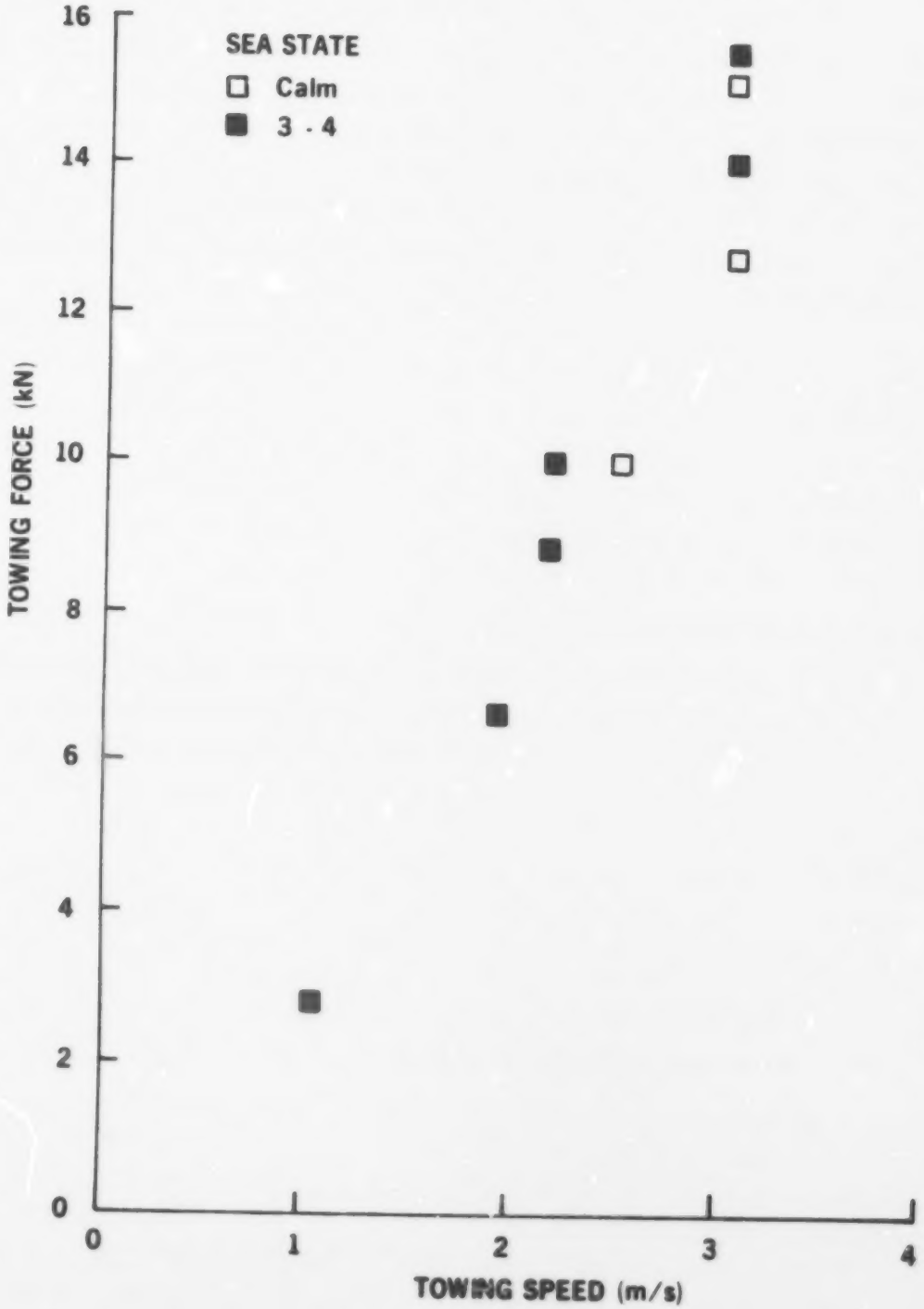


FIGURE 31 RESISTANCE OF THE OILFENCE VERSUS TOWING SPEED

The boom was deposited in a fairly disorderly pile on the pier. When new boxes had been built to receive it, a crew of six men packed it for shipping. No difficulties were encountered. The boom pulled and stowed easily, despite its ungainly configuration. Ninety-one metres of boom were stowed in one hour.

No ballast is necessary because of the stability imparted by the outrigger floats. All the components are plastic with the exception of the locking handles (which are stainless steel), so corrosion is not a problem. No damage was found during the post-retrieval inspection.

The connectors for this boom were the easiest to work with. The plastic-on-plastic fittings provided a smooth, almost frictionless connection, although the parts must be inserted end to end. The stainless steel locking handles were simple and straightforward. If the handles were located at one edge of the boom, rather than at the mid-point, they would be easier to use; however, the boom's symmetry would be lost. The convenience of an above-water connector locking bar has been sacrificed in favour of the ease of deployment afforded by that symmetry.

Summary

The Albany Oilfence is a very well constructed, flat-faced boom with good stability. The materials chosen and the method of construction are excellent. The boom has a high towing resistance which may be of concern should longer lengths be used. Some oil underflow might occur above about seastate 3, but the boom's freeboard should be quite adequate under those conditions. The other operational constraint which an operator should be aware of is the tendency of the boom to half-twist when changing the catenary gap. Otherwise, deployment characteristics are excellent and retrieval is relatively easy as long as a small crane is available for any lifting required.

3.7 US Coast Guard Boom

(Manufacturer: B.F. Goodrich, Akron, Ohio)

3.7.1 Description and Specifications. This boom, like the AMOP and Zooom booms, consists of a cylindrical float supporting a vertical skirt. A 244-m length was tested. The freeboard and draft were 36 cm and 46 cm, respectively. Tension is taken up by three steel chains that also serve as ballast.

Wooden crates were used for shipping the boom, each containing four 15-m sections. The dimensions of these crates were:

Length - 201 cm

Width - 130 cm

Height - 141 cm

Two crates were positioned on a single aluminum pallet and tied down with a cargo net.

The boom is constructed of rubberized fabric. Each 15-m section is divided into 3-m segments each with inflation chambers on either side as shown in Figure 32. Two of the tension chains are located at the midpoint of the boom while the third is at the bottom of the skirt. Connections are made using a fiberglass rod and shackles attached to the chains. Each 3-m segment has two handles and each 15-m section incorporates two lifting loops.

Inflation must be carried out at dockside or on the rear deck of a larger vessel such as a supply ship. Normally, having opened the crate, each 15-m section is pulled out and inflated. The end is then connected to the start of the next crated boom length. Retrieval requires the services of a boom truck or a wharf roller (or equivalent). The boom can be repacked in its crates. A minimum of two persons is required to accomplish this task. Four would be preferable.

Cleanup is possible using high pressure water and solvent, but it is quite time consuming.

3.7.2 Discussion of Field Trials.

Deployment

The boom arrived in four palletized boxes secured by fitted cargo nets. After removal from the pallets, steel banding was broken and the boxes were opened. The boxes were very solidly built and served their intended purpose well.

For this deployment the boom was flaked out on the pier in 15-m lengths, and each 3-m segment was inflated using a special manifold (not supplied with the boom) and an air compressor. Joints between boom sections were made up on the pier using the connectors supplied. As each 15-m length was inflated it was deployed over the edge of the pier.

The boom is constructed of very rugged materials. It was probably the most durable boom of the six tested; however, on a weight per metre basis, it was also one of the heaviest and required the most physical effort to move about. Shackles were tightened routinely between sections as the boom was extracted from the storage boxes. Connecting the sections of boom presented no problem, but it must definitely be done either ashore or on a fairly large deployment vessel. A good deal of manhandling is necessary.

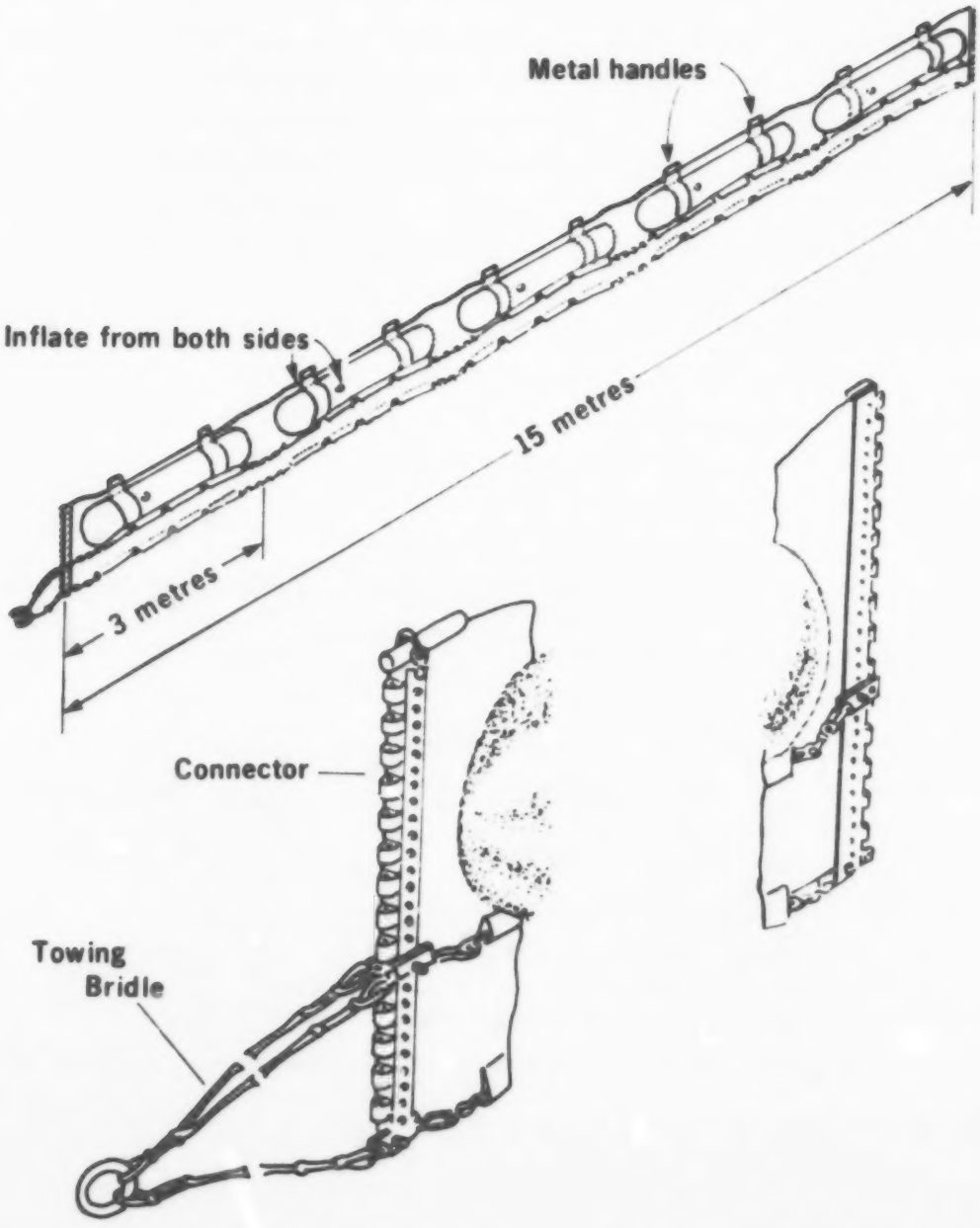


FIGURE 32 US COAST GUARD BOOM DETAIL

The air valves were examined during the inflation process. Several were discovered to be loose in their mountings and were tightened.

When pulling lengths of boom from the storage boxes, (which was usually done on the run) the boom handles along the upper edge had a tendency to catch the inside corner bracing on the boxes. A simple chamfered piece at the discharge side of the box's framing would alleviate this problem.

A manifold constructed and provided by the US Coast Guard was used to speed the boom inflation process. It has five air hoses each terminating in a valve and a bushing made from a rubber stopper. These stoppers fitted the boom's inlet holes. A valve that would hold a supply hose unaided would be a convenience.

Testing

The tests of the Coast Guard boom proceeded as described earlier in Section 3.2. The only comment worthy of note is that the heavy weight of the boom made handling during shackling operations awkward, even in mild test conditions (seastate 2). The response of the boom in these waves was satisfactory.

The boom was towed out to sea in the normal manner and towing forces were measured at various speeds for straight-line and catenary configurations. The boom's rough non-continuous surfaces created drag forces comparable to those found with the Oilfence (see Tables 13 and 14 and Figure 33).

TABLE 13 TOWING FORCES, USCG OIL BOOM STRAIGHT LINE TEST RESULTS

Test No.	Test Day	Seastate	Towing Speed (m/s)	Measured Force (N)	Boom Length (m)
1	13/3/80	0-1	2.5	9 500	244
2	13/3/80	0-1	2.5	9 400	244
3	13/3/80	0-1	3.0	14 500	244
4	13/3/80	0-1	3.0	14 700	244
5	13/3/80	0-1	3.8	13 800	244
6	13/3/80	0-1	3.8	13 300	244
7	13/3/80	0-1	2.8	10 900	244
8	13/3/80	0-1	3.0	11 300	244
9	13/3/80	0-1	2.2	7 200	244
10	13/3/80	0-1	1.7	7 100	244
11	13/3/80	0-1	1.7	4 100	244
12	13/3/80	0-1	3.8	14 900	244

TABLE 14 TOWING FORCES, USCG OIL BARRIER CATENARY TEST RESULTS

Test No.	Test Day	Seastate	Gap Width (m)	Boom Length (m)	Towing Speed (m/s)	Measured Force (N)
1	17/3/80	1-2	55	244	0.66	3559
2	17/3/80	1-2	100	244	0.63	3114
3	17/3/80	1-2	94	244	0.20	2891
4	17/3/80	1-2	125	244	0.15	3003
5	17/3/80	1-2	219	244	-	2224

The boom's relatively low freeboard led to noticeable water splashover prior to spilling any oil. Winds were 10-15 knots and the seastate at the time of these trials was about 2-3. A barrel of oil spilled upwind of the boom in these offshore conditions escaped from the boom in about 10 minutes. Oil losses due to splashover and underflow could not be quantified.

No current measurement were made. Assuming a wind velocity of 15 knots, it is probable that a wind-induced surface current of about 0.5 knots was present. If an additional 0.5 knots of tide or current were present, oil losses could be expected (Murray, 1975).

The boom was left streamed from a mooring buoy for 27 days. During this time, three severe northeasterly storms passed through the region. The boom was subjected to steep, breaking waves, 5-7 metres in height, for an extended period of time. These extreme weather conditions and the duration of the test are probably realistic for an offshore spill emergency.

Recovery

The boom was inspected prior to detachment from the mooring buoy. The boom had three half-twists at various points in the leeward half of its length. During the storms the leading end could have rotated an indeterminate number of times with all but three of the half-twists having worked themselves down the length of the boom and out prior to retrieval. The boom was brought to the Coast Guard base and the first three lengths were flaked on the dock using a pick-up truck to pull the boom over a caplog roller. However, the pull was more than the truck's transmission could stand and the

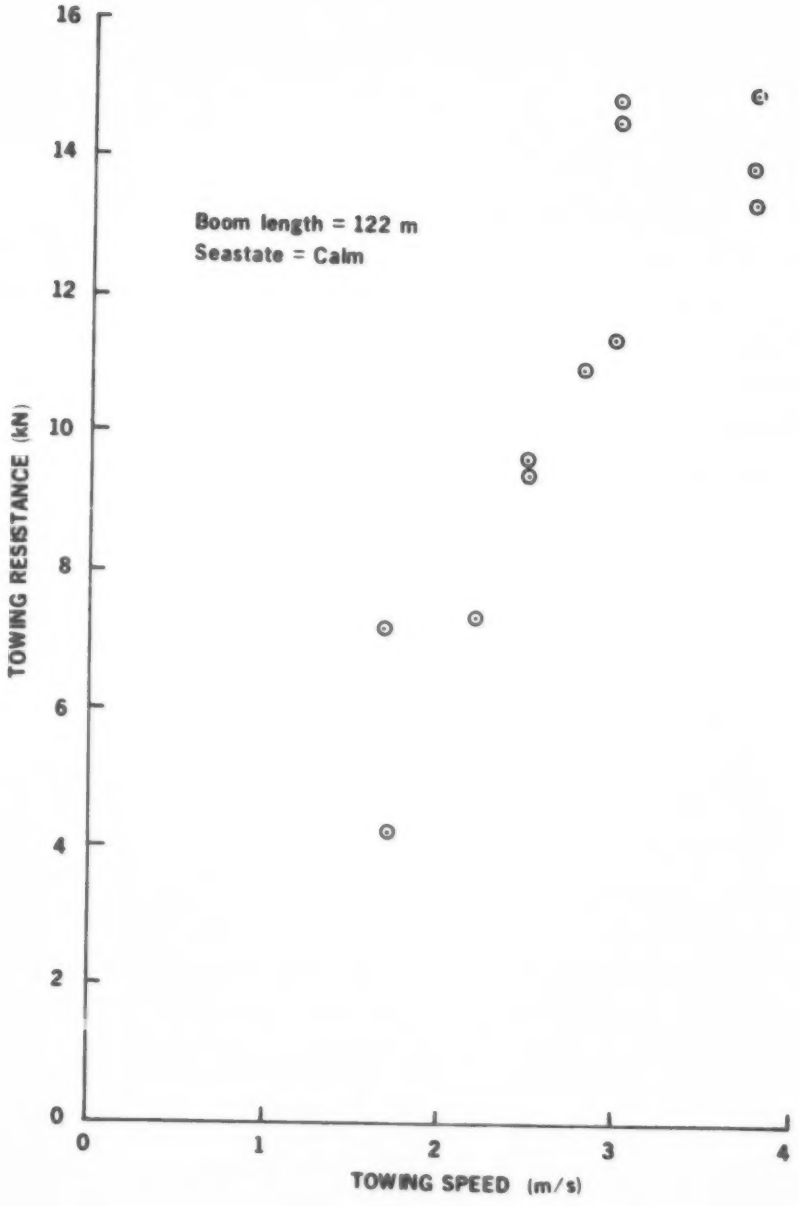


FIGURE 33 RESISTANCE OF THE US COAST GUARD BOOM VERSUS TOWING SPEED

Coast Guard's boom truck was employed to lift sections of the boom onto the pier. This worked quite well although it left the boom in a somewhat jumbled state on the pier.

On recovery, it was found that 5 shackles had become disconnected on the three tension lines and some seams had torn at the ends of the chain pockets. That the boom was able to survive the storms with some of its tension members disconnected is a measure of the quality of its construction. As further evidence of the boom's ruggedness, routine lifts of approximately 300-400 kg were made on one of the grab handles located at each end of each section of the boom. They are rated at 125 kg, but showed no sign of disengaging under the high loadings.

After the initial retrieval, the boom was loaded onto the boom truck and transported to the Coast Guard base where it was cleaned and repacked into its original shipping boxes. The rough fabric surface of the boom made cleaning a time-consuming operation. Almost twice as much time per metre of oiled length was spent cleaning this boom as on any of the smooth-surfaced booms.

Three segments of the boom were discovered to be low on air pressure, and a further two segments of boom were water-filled. However, because each flotation chamber is split longitudinally by the centre line fabric of the boom, no section had submerged.

As a damage control method, the subdivided construction works well. The tearing at the edges of chain pockets was relatively minor and was not a significant material failure.

Summary

The US Coast Guard boom is a rugged, well-constructed inflatable product. The materials, with the exception of the rough fabric of the rubber, are well chosen and connection of sections is readily accomplished. The boom exhibited good wave riding characteristics except in shorter, breaking waves. Oil retention tests were inconclusive in the offshore conditions. Overall, the boom features many characteristics which would be desirable in any inflatable product, particularly the sectionalized buoyancy compartments and the excellent connection system.

3.8 Troilboom

(Manufacturer: Trelleborg A/B, Trelleborg, Sweden)

3.8.1 Description and Specifications. The Troilboom is a flat vertical fence design. Flotation is provided by solid foam floats spaced at about 0.5-m intervals along the length

of the boom. Tension is taken by a separate external line located at the water surface. The design also includes a pocket at the apex of the catenary into which the Destroil skimming unit can be placed for oil removal. The total length tested was 75 metres. Figure 34 shows the boom detail.

The fabric of the Troilboom is polyamide coated with PVC/nitrile rubber while the external tension lines are polypropylene. Vertically-placed fiberglass-reinforced polyester strips 5-cm wide support the boom fabric on either side of each flotation unit. The height of the boom tested was approximately 1.2 metres, except for the pocket area which measured 1.5 metres .

The boom arrived by air freight in a single wooden crate (which was later used for export) of the following dimensions:

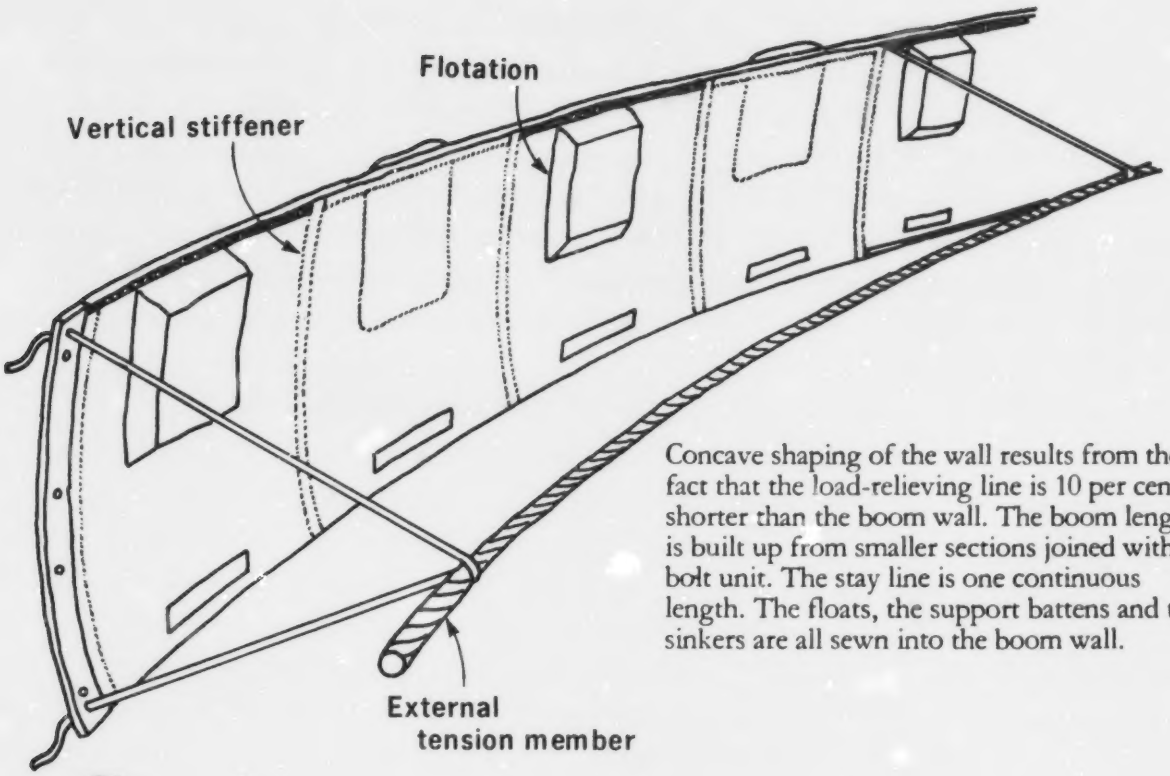
Length - 2.18 m
Width - 1.72 m
Height - 1.70 m

Towing Tests

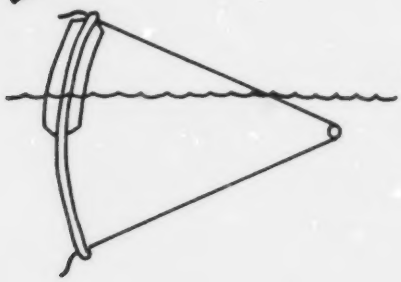
The boom was towed at 0.3 to 0.8 knots with catenary openings ranging from 18 to 46 m. The towing forces are presented in Table 15 and Figure 35.

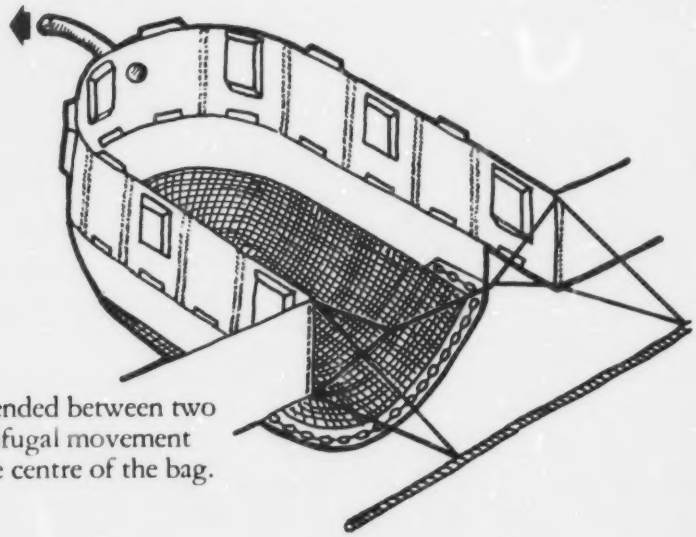
TABLE 15 TOWING FORCES, TROILBOOM CATENARY TEST RESULTS

Test No.	Test Day	Seastate	Gap Width (m)	Boom Length (m)	Towing Speed (m/s)	Measured Force (N)
1	9/4/80	1-2	40	76.2	0.41	2247
2	9/4/80	1-2	46	76.2	0.36	3003
3	9/4/80	1-2	32	76.2	-	2224
4	9/4/80	1-2	37	76.2	0.15	1557
5	9/4/80	1-2	27	76.2	0.15	1223
6	9/4/80	1-2	32	76.2	0.31	2224
7	9/4/80	1-2	37	76.2	0.31	2669
8	9/4/80	1-2	27	76.2	0.31	1779
9	9/4/80	1-2	23	76.2	0.31	2113
10	9/4/80	1-2	18	76.2	0.31	2002



Concave shaping of the wall results from the fact that the load-relieving line is 10 per cent shorter than the boom wall. The boom length is built up from smaller sections joined with a bolt unit. The stay line is one continuous length. The floats, the support battens and the sinkers are all sewn into the boom wall.





The oil collector bag is suspended between two boom lengths. Natural centrifugal movement causes the oil to gather in the centre of the bag.

FIGURE 34 CONSTRUCTION DETAILS OF TROILBOOM

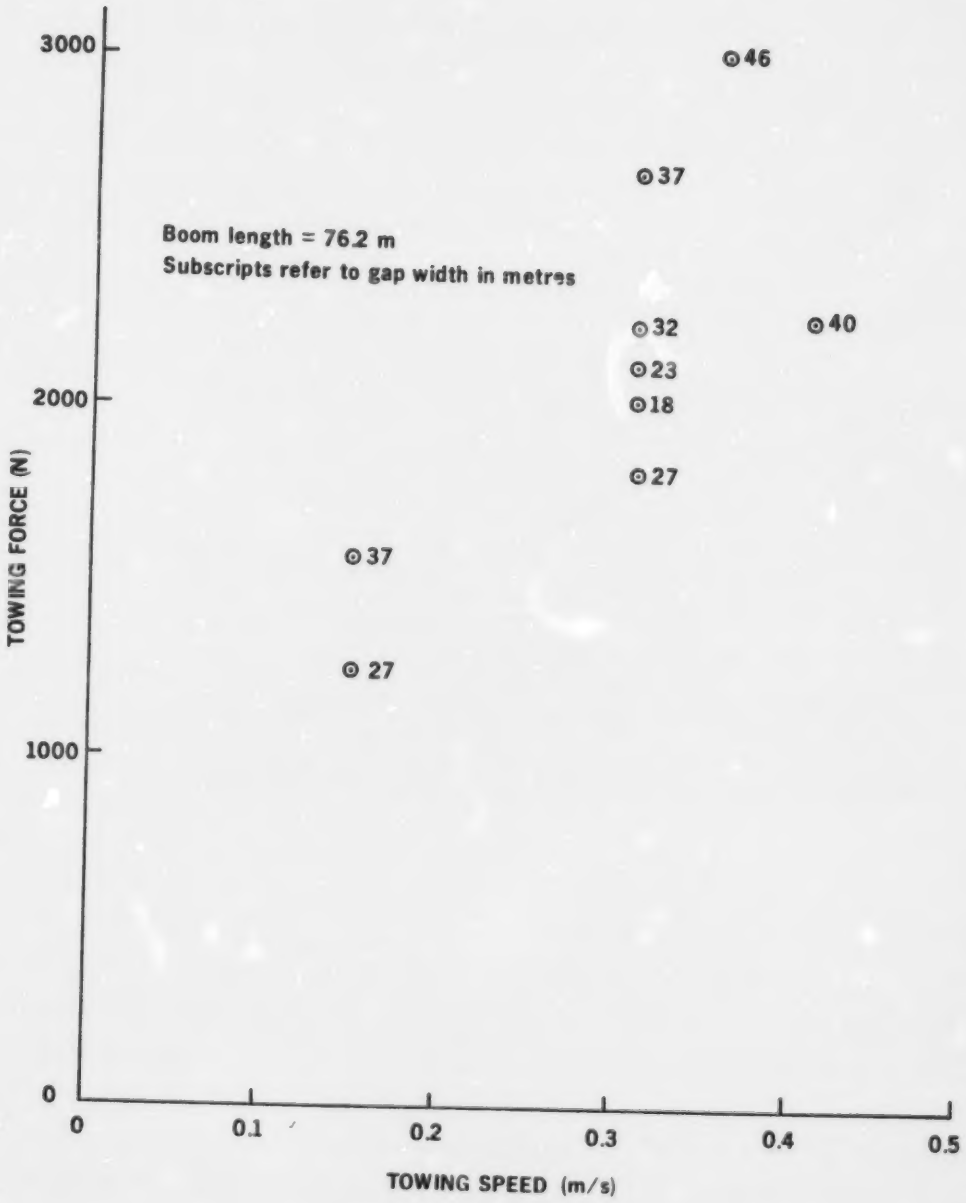


FIGURE 35 TROILBOOM CATENARY TOWING FORCE VERSUS TOWING SPEED

No operational problems were encountered during the towing. It was quite stable, maintained catenary configuration with no tendency to overturn, could be spread and narrowed without rolling the ends and, in general, performed very well. Its wave response appeared to be excellent; however, conditions on the test day were calm with a long, 2 metre swell and a more thorough assessment of wave riding capability was not possible (see Figure 36).

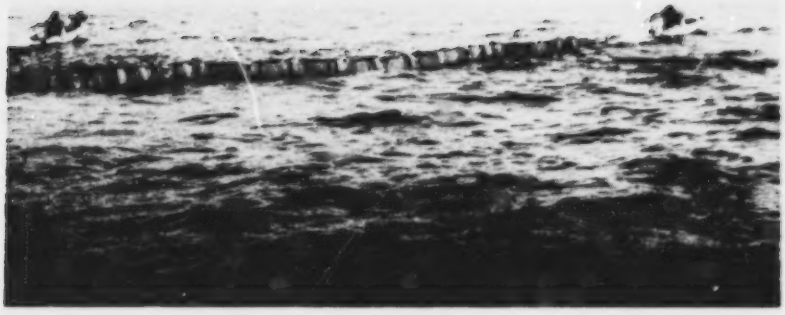


FIGURE 36 TROILBOOM BEING DEPLOYED

The Destroil skimmer head was placed in the pocket at the rear of the boom. No difficulties were experienced, although the requisite level of seamanship is fairly high in open-sea conditions because of the necessity for close manoeuvring alongside the boom and the need to lift up the skimmer head and drop it over the side. Neither the discharge or powering hoses were rigged as separate skimmer tests had already been conducted. It was noted, however, that the rigging involved is rather precise and could be difficult under offshore spill conditions.

Oil Retention

A barrel of oil was spilled in front of the catenary and the boom was manoeuvred to entrap it. The oil was deflected satisfactorily into the pocket of the boom and remained there quite stably. Thirty-five minutes after spilling, an estimated one-half barrel of oil still remained within the boom. Some entrainment of oil under the boom was noted but the skimmer head did not seem to adversely affect oil retention. The towing speed was approximately one knot, so some headwave shear was probably taking place. The one item which could be cause for concern is the formation of low-level vortices in the pocket. There appeared to be more oil leaking from the pocket than from other sections of the boom, and the concentration of flow stream lines in the pocket is the most logical cause. It might be better to eliminate the pocket and place the skimmer at the apex of the catenary.

The external line connected to the top and bottom of the fabric gives the boom a convex shape in the vertical plane as shown in Figure 34. The boom is made to be used as a single system; there is no provision to add to its length. A net is provided under the pocket to shape it. Vertical stiffeners are incorporated into the fabric to provide support. Flexible handles are provided at regular intervals along the top surface of the boom. Ballast consists of iron weights attached to the bottom of the barrier.

3.8.2 Discussion of Field Trials

Deployment

For deployment, the Troilboom shipping crate was set on the stern of the *Makkovik* and the aft face of the crate removed. This left the boom arranged in its normal stowed attitude. The first towing bridle was then passed to a Boston Whaler, and the *Makkovik* and the Whaler moved slowly apart. The boom payed out with no difficulty. The boom unfolded without snagging. The second towing bridle was then connected and passed to a second Whaler and towing tests commenced. The tension line on the Troilboom had one small tangle in it, which under the relatively calm deployment conditions, was straightened out by the Whalers after deployment. This would not usually be possible at sea. Other than that there was no problem. The bridles and the number of lines attached to the net could cause deployment difficulties; however, with proper care during stowing and a reasonable level of seamanship during deployment, complications should be avoided.

The designed bowed shape certainly did not degrade the oil retention performance of the boom, but it is not clear that the slight curvature observed at 1 knot or less would have had any significant beneficial effect.

Retrieval

On completion of the tests, the skimmer head was lifted on board the *Makkovik*. Some minor difficulties with entanglement of the boom were encountered, but these were manageable in the calm conditions of the tests. The boom was towed behind the *Makkovik* back to St. John's Harbour where it was lifted out of the water by a boom truck. The boom is light enough that no unreasonable effort was necessary at this stage, but the many bridles and tension lines did prove to be snag prone during handling on the dock. The use of a recovery roller would be complicated by them but would be possible. Packing the boom in the container requires 4 men to go smoothly.

Overall Evaluation

The Troilboom is a well-constructed, well-designed boom. The freeboard-to-draft ratio seems appropriate and the boom is large enough to be of use in an offshore situation. The buoyancy-to-ballast ratio has been well thought out, resulting in a boom which is quite light and easy to handle for its overall size. The boom stows compactly for a non-inflatable type, although care is required if entanglement of the tension lines and bridles is to be avoided during deployment. The deployment module system that has been developed for the boom was not tested. The boom is smooth-surfaced, which makes cleaning easier. The fastenings are unique in that they are entirely non-metallic. An ingenious, yet secure system of loops and binders is used to attach sections of boom and the various lines. The method and strength of the connections appears to be quite adequate, though disassembling sections of boom could be awkward if the ropes and binder loops are oil saturated and icy.

3.9 Vikoma Seapack

(Manufacturer: Vikoma International Limited, Ashford, UK)

3.9.1 Description and Specifications. The Vikoma Seapack is a complete system consisting of boom and inflation gear stored in a towable deployment vessel. The boom is of multi-tube design (see Figure 37) with one air flotation tube and one water-filled ballast tube. A third tube rides atop the main air tube. The latter is filled with compressed air on deployment and acts to prevent twisting of the boom prior to inflation.

The boom is made of butaclor-coated nylon with a 76-cm freeboard and a 43-cm draft. It is a single 488-m barrier and is not equipped with connectors.

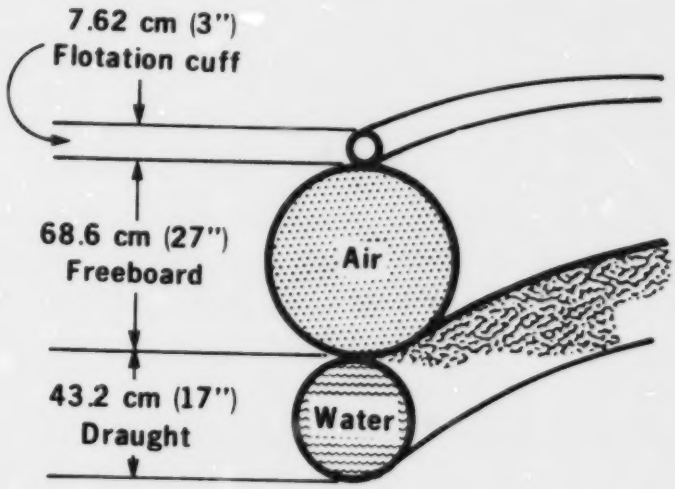


FIGURE 37 CROSS SECTION OF VIKOMA SEAPACK

The deployment vessel is a fiberglass hull capable of storing and deploying 488 m of boom. To start deployment, the rear door of the unit drops away and acts as a drag board to pull out the rest of the boom. The rear door contains two compressed air tanks which inflate the top air tube. Once the boom has been pulled out of the vessel, an onboard power pack starts to inflate the main air tube. Filling of the water cylinder is aided by a flow-through propeller. The deployment vessel is designed to be constantly operating and attached to the boom which allows for any leak in the system to be compensated.

No handholds or connectors are provided or required. Tension in the boom is taken entirely by the fabric. Air is released from the boom using zippers positioned at regular intervals. Water is released by closing the water intake and streaming the boom behind the module thus forcing the water out the free end.

The boom is retrieved using a power block dockside or on the deck of a supply vessel. As the boom is lifted clear of the water the zippers are opened to release the air. The boom, having been disconnected from the module, can be laid out ready for cleaning. Cleaning was not done during the testing but is assumed to be relatively easy due to the smooth continuous surfaces and type of fabric.

3.9.2 Discussion of Field Trials.

Deployment

A careful check of the deployment mechanisms (air tanks, transom door, water tube inlet, fuel, oil, battery and engine) was undertaken at the Canadian Coast Guard base prior to deployment. The deployment module was lifted into the water with the slings provided on the unit and towed to the test site with no difficulty. Tow line forces were measured. The module's engine was then started, the Whaler picked up the tag line for the transom door, and deployment commenced. Five minutes after start, the boom was fully deployed on the water. Air inflation continued for another 15 minutes without difficulty and the filling of the water tube was completed approximately 35 minutes after the start of deployment. No problems of any sort were encountered. (One troublesome mechanical item had been a centrifugal clutch on the compressor and water pump engine. The Coast Guard had replaced this with a manually-operated pressure-plate type.)

Testing

The boom was held in a catenary shape by the *Makkovik* and one Whaler. Due to the large length of boom, no functional headway was achieved; however, this is entirely realistic in an offshore context. The catenary opening was measured and the seastate response of the boom was observed. The latter was satisfactory for the 10-15 cm chop on top of a 2-m swell. Table 16 shows the forces measured while in the catenary.

One end of the boom was tied to a mooring buoy, and the *Makkovik* proceeded to spill a barrel of oil into the mouth of the catenary. It then steamed to leeward to observe the oil retention characteristics. At this point, the upper and lower cylinders of the boom were observed to set up currents as the boom moved up and down with the waves. This produced a surface velocity normal to the line of the boom and away from it which kept the oil at a distance of 10-30 cm from the surface of the boom. The oil was actually not touching the boom's surface in the 7-8 knot winds prevailing on the test day. This held true even at the apex of the boom. This particular phenomenon had not previously been observed by those present at the tests nor reported in the literature.

TABLE 16 TOWING FORCES, VIKOMA SEAPACK CATENARY TEST RESULTS

Test No.	Test Day	Seastate	Gap Width (m)	Boom Length (m)	Towing Speed (m/s)	Measured Force (N)
1	7/4/80	1-2	61	488	0.26	1112
2	7/4/80	1-2	122	488	0.26	1112
3	7/4/80	1-2	213	488	0.26	1112
4	7/4/80	1-2	274	488	0.26	2225

Observations have been made, however, of the pumping action of the Vikoma Seapack in certain wave conditions which has resulted in oil being forced under the boom by the induced currents (Norway Workshop, 1980). At any rate, in St. John's very little underflow and no overtopping were noted (although in the low seastate prevailing, the boom's freeboard was more than adequate to prevent this).

The volume of oil presented during the course of the test was insignificant relative to the volume which must be addressed in a spill. Controlled tests along with underwater viewing would be necessary to confirm the apparent containment mechanism observed. It is speculated that this phenomenon would not be noted in the case of a large pool of oil in front of the boom because of wind and hydrodynamic-induced momentum.

After 45 minutes, approximately 2/3 of the spilled barrel of oil still remained inside the boom. It was concentrated at the apex, but was still being held away from the boom surface itself by the surface currents noted above.

Retrieval

The fully deployed length was towed into the harbour by the *Makkovik* where a boom truck with a hydraulic power block lifted it clear of the water. Difficulties were encountered during the retrieval in that air failed to adequately exhaust through the zippered openings provided in the boom. It is possible that if the boom were recovered at a slower rate, this problem might not have been as acute as it was; however, within the confines of the harbour, the boom constituted an interference with navigation and there was a need to remove it as quickly as possible. A half-twist was formed at some point during the retrieval and this caused significant extra labour when folding the boom.

The purse block was positioned at what was felt to be a reasonable height from the caplog. Normally, one man was tending the boom as it emerged from the water and watching to see that it did not snag. Two difficulties were encountered here:

1. When the purse block was at maximum height/outreach, which provided the folding crew with the best operating configuration, the boom came off the water at an abrupt angle which seriously inhibited the flow of air to the exhaust zippers down-boom. When the purse block was lowered, the boom left the water more cleanly but the folding crew did not have the necessary space to lay the boom down easily.
2. At one point, when all hands were engaged in straightening the boom on the pier, the boom snagged and a 3-m tear occurred in the water bag. The snag, due to inattention of the test crew, serves to illustrate the boom's susceptibility to damage during normal handling.

In summary, the retrieval could have proceeded quite smoothly had there been: (a) no current which held the boom against the pier, (b) no need to retrieve it as fast as possible, and (c) a smooth surface past which to lift the boom.

Overview

If an operator has the skills and time necessary to insure trouble-free deployment, the Vikoma Seapack is an excellent, fast-response boom. Its key liability would appear to be its dependance on the continued operation of its air supply. Properly tended and maintained, the boom provides an effective containment system.

3.10 Boom Comparison

Table 17 provides a comparison of the five booms tested. The prime prerequisite of any boom is oil retention performance and the test results at sea were generally poor in that regard, despite the comparatively fair to good performance of the Troilboom and Vikoma Seapack. Sea conditions for both were mild, yet oil was lost even though only small quantities were used. The good performance of the Zooom boom under the artificial test tank conditions contrasts sharply with its performance at sea and brings the validity of tank testing into question. Further testing at sea with more sophisticated instrumentation will be required to resolve that inconsistency.

With careful preparation and adequate training, all the booms can be deployed and recovered safely and quickly. All can be towed in a streamed configuration, although twisting is a problem when the Albany Oilfence is towed in a catenary. The Vikoma

TABLE 17 RATING OF THE BOOMS EVALUATED

Evaluation Description		Booms				
		Zooom/AMOP	Albany Oilfence	USCG	Troilboom	Vikoma Seapack
1.	Boom Stability	4	3	4	4	4
2.	Ease of Deployment	5	4	2	4	5
3.	Ease of Connection	1	4	3	4	N/A
4.	Oil Retention Capability	1-4	NT	1	3	3
5.	Ease of Recovery	3	3	4	3	3
6.	Ease of Repacking	2	4	3	3	4
7.	Ease of Cleanup	4	4	3	3	4
8.	Handholds	3	5	5	4	N/A
9.	Lifting Points	1	5	5	4	N/A
10.	Tethering Points	4	5	5	5	N/A
11.	General Robustness	3	5	4	4	3

NOTE: 1 = Poor
5 = Excellent
N/A = Not Applicable
NT = Not Tested

Seapack's expensive and rather complex pump and compressor system requires maintenance and attention.

A crane is required to recover the Albany Oilfence and USCG booms. The Troilboom, with its many ropes, is the most difficult to clean.

3.11 Boom Drag Coefficients

Calculations were undertaken using the numerical data collected to determine boom drag coefficient. The theory behind these computations and their applicability are as follows:

Theoretical Considerations

Information presented by Massey (1975) describes the formulation of a dimensionless drag coefficient for three-dimensional bodies in fluid flow. This drag coefficient accounts for the total drag force created by such a body by combining the effects of skin friction and pressure drag into a profile drag term. The dimensionless coefficient is expressed as:

$$C_D = \frac{F}{{}^1/_2 \rho U^2 A} \qquad (1)$$

Where: C_D = dimensionless effective drag coefficient

F = total drag force

ρ = fluid density

U = approaching fluid velocity

A = total submerged surface area of in-line boom or

= projected frontal area of catenary boom perpendicular to velocity field.

A local drag coefficient, based on the boom surface characteristics only, could not be determined for the booms in the catenary tow position as the boom shapes were not measured in the trials. The shape is needed to determine velocity components normal to the boom which in turn are used in the drag coefficient calculation.

The effective drag coefficient, as outlined above, is indicative of the drag characteristics of the tested boom only when considered as a unit. Strictly speaking, the calculated effective drag coefficients are only valid for identical booms under similar operating conditions.

Field Trial Results

The information recorded in the boom evaluation trials allowed the calculation of the effective drag coefficient for the two towing configurations. The total drag force, the velocity of the boom relative to the water and the boom dimensions were all measured during the trials.

A density of 1000 kg/m^3 and a kinematic viscosity of 2×10^{-6} m^2/s were assumed to approximate the fluid properties in the final calculations.

The effective drag coefficients for the booms in the catenary towing position were calculated using Equation (1) with the area term being the gap width times the submerged boom depth. The area used in the in-line configuration analysis was the total submerged surface area of the boom (both sides).

Drag coefficients were calculated only for calm, 0-1, or 1-2, seastates as the majority of the trials were conducted under these conditions. The use of calm seastates for all evaluations also establishes a common ground for comparison of boom types.

The resulting effective drag coefficients have been plotted versus their accompanying flow Reynold's Numbers and are presented as Figures 38 and 39 for

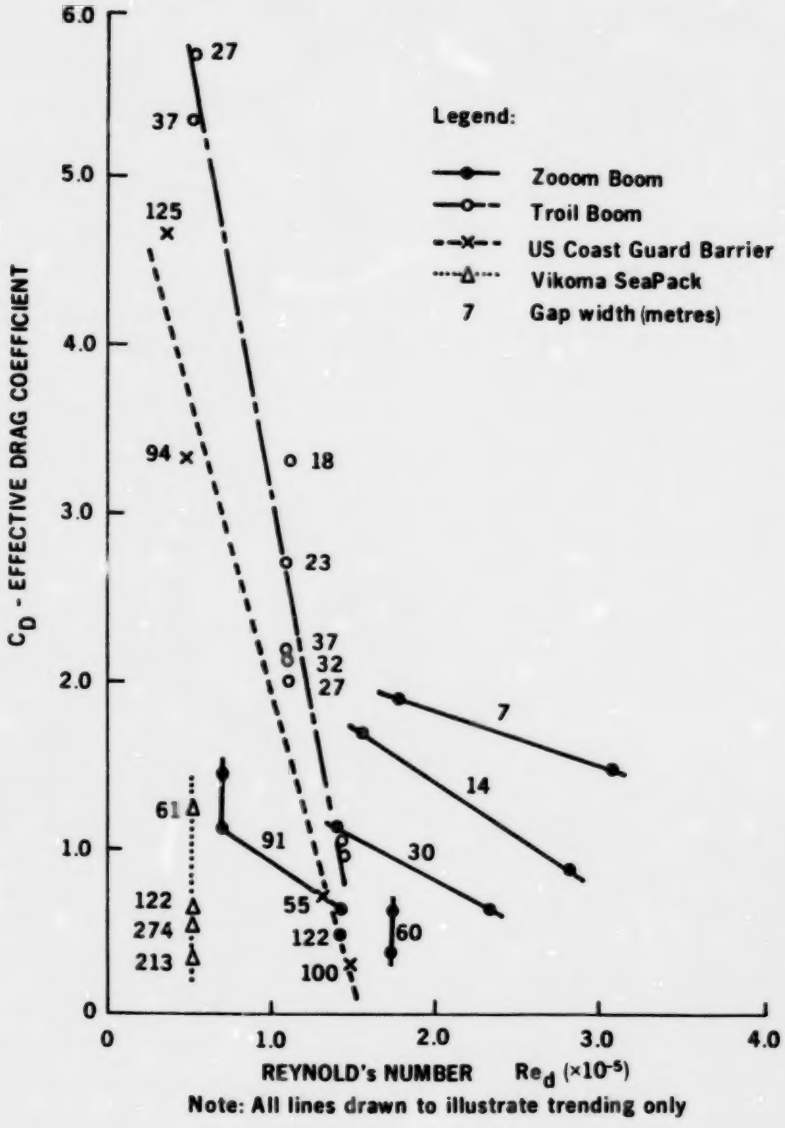


FIGURE 38 EFFECTIVE DRAG COEFFICIENTS (CATENARY TOWING)
(Note: All lines drawn to illustrate trending only).

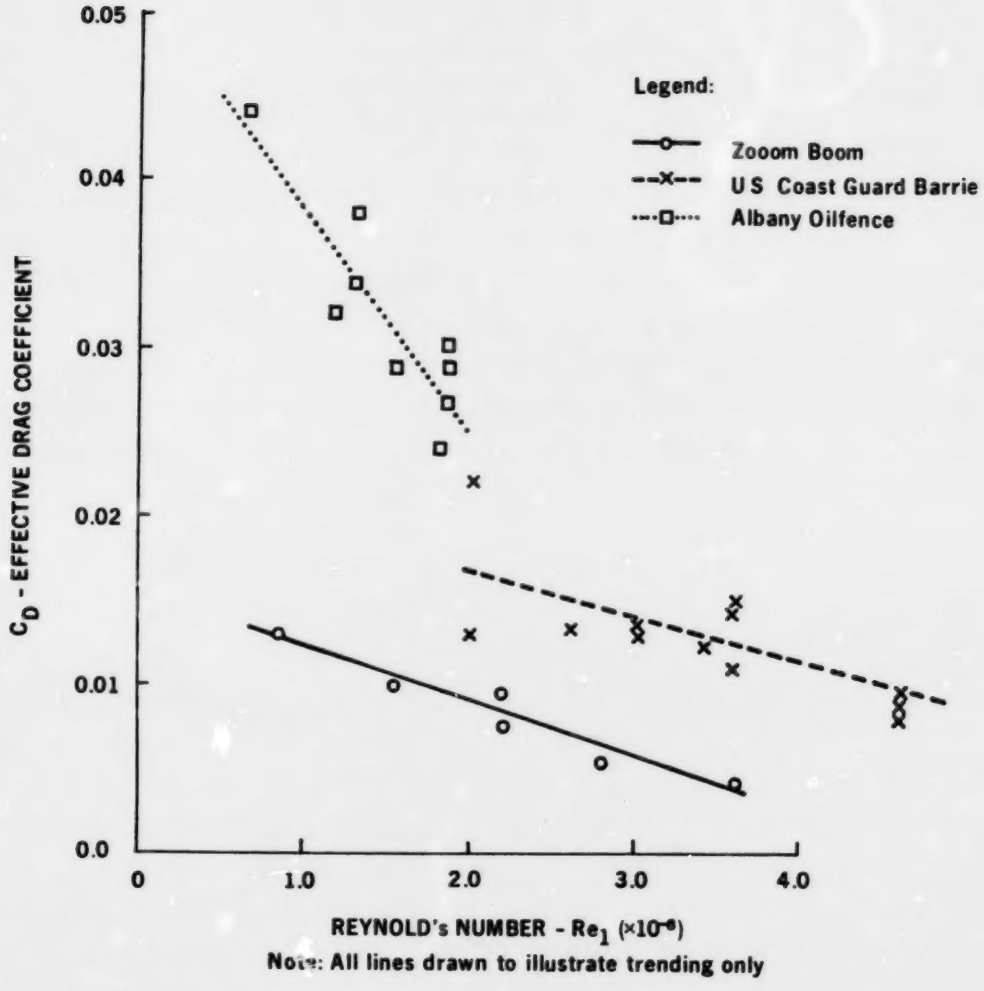


FIGURE 39 EFFECTIVE DRAG COEFFICIENTS (IN-LINE TOWING)
(Note: All lines drawn to illustrate trending only).

reference. Re_d refers to a Reynold's Number calculated for the characteristic dimension of boom depth and Re_l computed for boom length.

4 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

4.1 Skimmer Test Program

Six skimmers of varying size, collection principle, and intended application were evaluated through this program. Although more specific comments are contained in the discussion for each machine, the following overall conclusions were drawn:

1. The Destroil and Versatech Arctic Skimmer are the only two units tested that would survive moderate sea conditions in an offshore regime. Both units require additional testing to more comprehensively prove their worth in such an environment. The skimmers appear to be capable of recovering a wide range of oils but would have difficulty processing cold Bunker C directly from the water's surface.
2. The Skim-Pak was deemed useful in crude oil or other low viscosity products in calm water. Recovery rate would depend upon availability of back-up oil/water separation facilities (for higher throughputs) and oil thickness.
3. The Slicklicker, as tested, was judged to be a useful shore-mounted unit for handling Bunker C and solids.
4. At present, the Little Giant and Morris MI-80 are not available as operational oil spill cleanup devices. The former shows promise as a Bunker C oil recovery machine while the latter requires extensive redesign.

4.2 Boom Evaluation Program

The boom testing phase resulted in the examination of six products of different sizes and shapes. The following conclusions, again additional to the more detailed comments which appear previously, were reached:

1. The US Coast Guard Boom is durable, well designed, and of high quality construction. Further sea trials should be conducted to assess the value of its application nearshore versus offshore as well as its oil retention capability.
2. The AMOP and Zooom booms demonstrated effective oil containment capability when properly deployed. The length of the lower tension member proved to be an important factor.
3. Data gathered through the boom towing tests in both the streaming and catenary configurations should prove useful in future structural and design work, including the choice of materials. All booms tested were of sufficient strength and durability to withstand the handling loads imposed upon them under realistic operating conditions.

4. The boom tests determined that any inshore fishing vessel of 80 hp can handle 300 metres of boom at water velocities of 0.65 m/s. In harbour conditions, 30 hp outboards can manoeuvre such a boom. In both cases, the towing forces are low enough (less than 500 kg) that gear selection is not critical.

REFERENCES

Abdelnour, R., W.F. Purves and W.G. Wallace, "Field Evaluation of Eight Small Stationary Skimmers", Environmental Protection Service, Technology Development Report (May 1978).

Abdelnour, R., W.F. Wallace, G. Comfort, B. Menon and W.F. Purves, "Laboratory Evaluation of Skimmers and Pumps", report submitted to Environment Canada, Environmental Emergency Branch, Ottawa (April 1979).

Massey, B.S., Mechanics of Fluids 3rd Edition, Van Nostrand Reinhold Company Ltd., Toronto (1975).

Murray, S.P., "Wind and Current Effects on Large-scale Oil Slicks", Offshore Technology Conference paper, 2389 (1975).

Purves, W.F. and R. Abdelnour, "The Performance of Weir Skimmers", report submitted to Environmental Protection Service, Ottawa (May 1978).

Solsberg, L., W.G. Wallace and M. Dunne, "Field Evaluation of Oil Spill Recovery Devices: Phase Two", Environmental Protection Service, Technology Development Report, EPS 4-EC-77-14 (December 1977).

Workshop on Oil Booms and Skimmers, Marine Technology Centre, Trondheim, Norway (November 1980).

APPENDIX I
OIL TYPES USED AT ST. JOHN'S, NFLD., AND THEIR PROPERTIES

OIL TYPES USED AT ST. JOHN'S, NFLD., AND THEIR PROPERTIES

Oil Type	Oil Properties					
	Gravity API	Specific Gravity	Viscosity		Pour Point °C	Sulphur % Wt
			SSU	Pa•s		
Bunker C Fuel Oil	14.5	0.97	510	0.0096	1.66	2.60
BCF Venezuelan Crude Oil	24	0.91	146	0.028	-40	2.0

APPENDIX II
LOG OF EVENTS AT
ST. JOHN'S, NFLD.

APPENDIX II LOG OF EVENTS AT ST. JOHN'S, NFLD.

February 29	Testing of Little Giant with Bunker C.
March 1	Testing of Destroil skimmer with Bunker C.
March 3	Testing of Morris MI-80 started - mechanical problems encountered.
March 4	Testing of Slicklicker with Bunker C in Port Mulgrave, Nova Scotia.
March 5	Manoeuvring tests of Morris MI-80
March 6	Testing of Morris MI-80 with crude oil.
	Testing of Skim-Pak with crude oil.
March 7	Deployment and towing of AMOP, Zooom and Albany Oilfence booms.
March 8	Testing of Versatech Arctic Skimmer in towing mode and in catenary with the AMOP and Zooom booms. Oil retention characteristics of the Zooom boom tested. Catenary test of Zooom boom.
March 10	Catenary tests of the AMOP, Zooom and Albany Oilfence booms.
March 11	Catenary and straight line tow tests of the AMOP and Zooom booms. Retrieval of the AMOP, Zooom and Albany Oilfence booms.
March 13	Deployment of the USCG boom. Straight line towing of the USCG boom.
March 17	Reinflation of low section of the USCG boom. Catenary tests of the USCG boom. Oil retention tests of the USCG boom.
April 8	Deployment of the Vikoma Seapack boom. Straight-line and catenary towing of the Vikoma Seapack. Oil retention tests of the Vikoma Seapack. Vikoma Seapack retrieved.
April 9	Testing of the Versatech skimmer. Straight line towing. Testing of the Troilboom. Deployment, catenary towing, oil retention, seakeeping tests, retrieval of Troilboom.
April 10	Retrieval of USCG boom.

APPENDIX III
WEATHER CONDITIONS AT
ST JOHN'S, NFLD.

APPENDIX III WEATHER CONDITIONS AT ST. JOHN'S, NFLD.
(from Airport Meteorological Office)

Date	Average Temp. (°C)	Average Wind		Assumed Seastate*
		Direction	Speed (kn)	
29 February	-2	E	12	2
1 March	-7	WSW	20	2
5	-1	WSW	13	2
6	5	SSW	20	3
7	-3	W	10	1
8	1	SW	10	1
10	-5	NW	15	3
11	-2	SE	18	3
13	-5	W	23	3
17	-4	NW	13	3
8 April	1	NE	7	1
9	6	NE	5	1

*Based on scale with estimated allowance for sheltering effect of land to westward.

Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

Une évaluation en hiver d'écrémeurs et de barrages pour hydrocarbures

Canada

Développement technologique
Rapport SPE 4-EP-84-1F

Direction générale des programmes de protection de l'environnement
Février 1984

LES RAPPORTS DU SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Les rapports sur le développement des techniques décrivent l'équipement technique, les méthodes ainsi que les résultats des études de laboratoire, des usines-pilotes et des travaux de démonstration ou d'évaluation du matériel. Ils constituent la source principale d'information sur la recherche et les travaux de démonstration du Service de la protection de l'environnement.

Le Service publie nombre d'autres rapports dans les collections suivantes : Règlements, codes et méthodes d'analyse, Politique et planification, Analyse économique et technique, Surveillance, Exposés et mémoires soumis à des enquêtes publiques, Evaluation des incidences sur l'environnement et Guides de formation.

Pour tout renseignement, prière de s'adresser au Service de la protection de l'environnement, ministère de l'Environnement, Hull (Québec), Canada, K1A 1C8.

ENVIRONMENTAL PROTECTION SERVICE REPORT SERIES

Technology Development Reports describe technical apparatus and procedures, and results of laboratory, pilot plant, demonstration or equipment evaluation studies. They provide a central source of information on the development and demonstration activities of the Environmental Protection Service.

Other categories in the EPS series include such groups as Regulations, Codes and Protocols; Policy and Planning; Economic and Technical Review; Surveillance; Briefs and Submissions to Public Inquiries; and Environmental Impact and Assessment.

Inquiries pertaining to Environmental Protection Service Reports should be directed to the Environmental Protection Service, Department of the Environment, Hull, Quebec, Canada, K1A 1C8.

UNE ÉVALUATION EN HIVER D'ÉCRÉMEURS ET DE BARRAGES POUR HYDROCARBURES

Direction des services techniques
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada

Rapport SPE 4-EP-84-1
Février 1984

Publication distribuée
par le Service de la protection de l'environnement
d'Environnement Canada
Ottawa
K1A 1C8

Édition française de
A Winter Evaluation of
Oil Skimmers and Booms
préparée par le Module d'édition française
d'Environnement Canada

Numéro de catalogue: EN 48-4/84-1F
ISBN: 0-662-92474-6

©
Ministre des Approvisionnements et Services
1984

Avant - propos

Les essais sur le terrain à Terre-Neuve et en Nouvelle-Écosse ont été faits par Arctec Canada Ltd. de St-Jean (Terre-Neuve) et Eastern Marine Services Ltd. de Musquodoboit Harbour (Nouvelle-Écosse) en collaboration avec la Garde côtière canadienne et sous la direction d'Environnement Canada. L'EPA étatsunienne a effectué les essais en bassin pour le compte d'Environnement Canada. Le calcul des coefficients de traînée et la rédaction du rapport final ont été faits par S.L. Ross Environmental Research Ltd. d'Ottawa (Ontario). Ce rapport est un amalgame de deux rapports préliminaires, soit celui préparé par Arctec Canada avec la participation de R. Abdelnour, B. Roberts, W. Wallace et W. Purves, et celui concernant les essais effectués au OHMSETT, rédigé par M. Borst. L. B. Solsberg a été chargé de la synthèse des deux rapports. Le rapport final a été révisé et mis en forme par K.M. Meikle de la Direction des services techniques, Service de la protection de l'environnement.

Résumé

Cinq appareils de récupération mécanique des hydrocarbures et six barrages de retenue des hydrocarbures ont été évalués à proximité de St-Jean (Terre-Neuve) en mars et avril 1980. Les essais ont eu lieu dans le bassin de décantation d'une raffinerie, dans le port de St-Jean et dans les eaux côtières à l'extérieur du port. Un sixième écrémeur a été évalué en mars à Mulgrave (Nouvelle-Écosse) et l'un des six barrages a été soumis à d'autres essais en octobre de la même année aux installations du Oil and Hazardous Materials Simulated Environmental Test Tank (OHMSETT) aux États-Unis. Les caractéristiques de manutention opérationnelle ont été établies et l'efficacité des appareils a été qualitativement évaluée.

Abstract

Five mechanical oil recovery devices and six oil containment barriers were evaluated in the vicinity of St. John's, Newfoundland, during March and April of 1980. Testing was conducted in a refinery settling pond, in St. John's Harbour, and in the coastal waters immediately beyond the harbour entrance. The performance of a sixth skimmer was assessed during March in Mulgrave, Nova Scotia, while evaluation of one of the six oil booms originally tested was resumed in October of the same year in a test tank in the United States. Operational handling characteristics were determined and effectiveness was qualitatively assessed.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier W. Ryan de la Garde côtière canadienne de St-Jean et son équipe pour leur aide et le travail qu'ils ont accompli au cours des essais. Ils remercient également R. Gregory et J. Snow de la raffinerie Ultramar Canada de Holyrood et les représentants des fabricants qui ont prêté l'équipement et assisté aux essais. Ils tiennent également à souligner le travail de M.C. McKindra de la Garde côtière américaine qui a aidé à organiser les évaluations en bassin au New Jersey, et de E. Bent de la Garde côtière canadienne à Mulgrave (Nouvelle-Écosse) qui a apporté son précieux concours aux essais exécutés à cet endroit.

Table des matières

AVANT-PROPOS		III
RÉSUMÉ		IV
ABSTRACT		V
REMERCIEMENTS		VI
LISTE DES FIGURES		IX
LISTE DES TABLEAUX		XI
NOMENCLATURE		XII
1	INTRODUCTION	1
2	ESSAIS DES ÉCRÉMEURS	7
2.1	Méthodologie	7
2.2	Little Giant	11
2.2.1	Principe de fonctionnement et caractéristiques	11
2.2.2	Résultat des essais	12
2.2.3	Analyse	15
2.3	Destroil	18
2.3.1	Principe de fonctionnement et caractéristiques	18
2.3.2	Résultats des essais	19
2.3.3	Analyse de l'écrémeur	19
2.4	Le Slicklicker	21
2.4.1	Principe de fonctionnement et caractéristiques	21
2.4.2	Résultats des essais	22
2.4.3	Analyse	23
2.5	Le Skim-Pak	25
2.5.1	Principe de fonctionnement et caractéristiques	25
2.5.2	Résultats des essais	27
2.5.3	Analyse	27
2.6	Le Morris MI-80	32
2.6.1	Principe de fonctionnement et caractéristiques	32
2.6.2	Résultats des essais	34
2.6.3	Analyse	35
2.7	Écrémeur Arctique	40
2.7.1	Principe de fonctionnement et caractéristiques	40
2.7.2	Caractéristiques physiques	40
2.7.3	Résultats des essais	41
2.8	Comparaison des écrémeurs, conclusions et recommandations	43

3	ESSAIS DES BARRAGES	47
3.1	Introduction	47
3.2	Méthodologie	47
3.3	Barrage AMOP	50
3.3.1	Description et caractéristiques	50
3.4	Barrage Zooom	53
3.4.1	Description	53
3.5	Évaluations des barrages Zooom/AMOP raccordés	54
3.5.1	Résultats des essais de St-Jean	54
3.5.2	Aperçu général des essais de St-Jean	55
3.5.3	Résultats des essais au OHMSETT	56
3.6	Albany Oil-fence	62
3.6.1	Description et caractéristiques	63
3.6.2	Analyse des essais en mer	64
3.7	Barrage de la U.S. Coast Guard	68
3.7.1	Description et caractéristiques	68
3.7.2	Analyse des essais en mer	69
3.8	TroilBoom	73
3.8.1	Description et caractéristiques	73
3.8.2	Analyse des essais en mer	75
3.9	Vikoma Seapack	78
3.9.1	Description et caractéristiques	78
3.9.2	Analyse des essais en mer	78
3.10	Comparaison des barrages	81
3.11	Coefficients de traînée	82
4	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	87
4.1	Programme d'essai des écrémeurs	87
4.2	Programme d'essai des barrages	87
RÉFÉRENCES		89
ANNEXE I	GENRES ET PROPRIÉTÉS DES HYDROCARBURES UTILISÉS À ST-JEAN (T.-N.)	91
ANNEXE II	JOURNAL DES ESSAIS À ST-JEAN (T.-N.)	93
ANNEXE III	CONDITIONS ATMOSPHÉRIQUES À ST-JEAN (T.-N.)	95

Liste des figures

1	Emplacement des essais (Terre-Neuve)	2
2	Plan du lieu d'essai à la raffinerie Ultramar Canada de Holyrood	9
3	Colonne ARCEAST	10
4	LITTLE GIANT: principe de récupération	12
5	Détail du Little Giant	13
6	Little Giant tel que mis en place pour les essais	13
7	Taux de récupération des hydrocarbures par unité de largeur en fonction de l'allure de la chaîne (écrémeur Little Giant)	16
8	Débits mesurés et calculés de récupération du bunker (écrémeur Little Giant)	17
9	DESTROIL: Déversoir de récupération et vis d'Archimède pour le transfert	19
10	Le Destroil en cours d'essai	20
11	Écrémeur Destroil	21
12	SLICKLICKER: Bande sans fin	22
13	Débit de récupération des hydrocarbures par unité de largeur en fonction de la vitesse de rotation de la bande	24
14	Écrémeur Slicklicker	26
15	SKIM-PAK: Déversoir hydro-ajustable pour la récupération, avec pompe pour le transfert	27
16	Modes de fonctionnement du Skim-Pak	28
17	Taux réel de récupération du brut (Q_o) en fonction de l'épaisseur du film d'hydrocarbures (b) pour le Skim-Pak	30
18	Courbes de la teneur en brut lors des essais du Skim-Pak	31
19	MORRIS MI-80: Écrémeur à déversoir hydro-ajustable et disques oléophiles pour la récupération, et pompe hydraulique pour le transfert	33

20	Écrémeur Morris MI-80	34
21	Écrémeur ARCTIQUE VERSATECH: système à deux bandes avec pompe	40
22	L'écrémeur Arctique	42
23	Schéma de l'essai au OHMSETT	51
24	Caractéristiques générales de construction: Barrages autogonflables	52
25	Module de déploiement du barrage, remorqué	53
26	Résistance à la traction des barrages ZOOOM et AMOP	58
27	Résistance du barrage ZOOOM à la traction en fonction de la vitesse de remorquage et de la largeur de l'ouverture	59
28	Taux estimatif de perte du barrage ZOOOM en eaux calmes (hydrocarbures lourds)	61
29	Taux estimatif de perte du barrage ZOOOM dans certaines conditions	62
30	Détails de construction de l'ALBANY OIL-FENCE	64
31	Résistance à la traction de l'Albany Oil-fence en fonction de la vitesse de remorquage	65
32	Détails du barrage de la U.S. COAST GUARD	67
33	Résistance à la traction du barrage de la U.S. Coast Guard en fonction de la vitesse de remorquage	72
34	Détails de construction du TROILBOOM	74
35	Force de traction du Troilboom (remorqué en U) en fonction de la vitesse de remorquage	76
36	Déploiement du Troilboom	77
37	Coupe du VIKOMA SEAPACK	79
38	Coefficients réels de traînée (remorquage en U)	84
39	Coefficients réels de traînée (remorquage en ligne droite)	85

Liste des tableaux

1	Résumé du programme d'évaluation des écrémeurs	8
2	Résultats des essais de l'écrémeur Little Giant	14
3	Résultats des essais du Slicklicker	23
4	Résultats des essais du Skim-Pak	29
5	Résultats des essais de l'écrémeur Morris MI-80	36
6	Classement des écrémeurs évalués	44
7	Propriétés physiques des hydrocarbures utilisés pour les essais au OHMSETT	49
8	Résultats des essais de traction en ligne droite des barrages AMOP/ZOOOM	56
9	Résultats des essais de traction des barrages AMOP/ZOOOM déployés en U	57
10	Résultats des essais au OHMSETT	60
11	Résultats des essais de remorquage en ligne droite de l'Albany Oil-fence	66
12	Résultats des essais de remorquage de l'Albany Oil-fence déployé en U	68
13	Résultats des essais de remorquage en ligne droite du barrage de la U.S. Coast Guard	71
14	Résultats des essais de remorquage du barrage de la U.S. Coast Guard déployé en U	71
15	Résultats des essais de remorquage du Troilboom déployé en U	75
16	Résultats des essais de remorquage du Vikoma Seapack déployé en U	80
17	Évaluation des barrages mis à l'essai	81

Nomenclature

V	volume total des hydrocarbures déversés (m^3)
V_L	volume du liquide récupéré (m^3)
V_G	volume brut d'hydrocarbures récupérés (m^3)
V_o	volume réel d'hydrocarbures récupérés (m^3)
$O.C.F.$	facteur de la teneur en hydrocarbures V_o/V_L (%)
Q_L	débit de récupération du liquide (m^3/h)
Q_G	débit brut de récupération des hydrocarbures (m^3/h)
Q_o	débit réel de récupération des hydrocarbures (m^3/h)
$W\%$	teneur brute en eau (par centrifugation) (%)
b	épaisseur du film d'hydrocarbures (mm)
L	litres
μo	viscosité des hydrocarbures (Pa • s)
μw	viscosité de l'eau (Pa • s)
t_w	température de l'eau (°C)
t_o	température des hydrocarbures (°C)
t_a	température de l'air (°C)
T	temps (secondes)
Av	vitesse (m/s)
a	pente
B	largeur de l'orifice d'admission de l'écrémeur (m)
ρ	masse volumique fluide (kg/m^3)
ρo	masse volumique des hydrocarbures (kg/m^3)
ρw	masse volumique de l'eau (kg/m^3)
Ω	rpm des disques (révolutions par minute)
$O.R.F.$	facteur de récupération des hydrocarbures (récupération réelle V_o/hydr. déversés V)
C_D	coefficient de traînée
N	newtons
F	force totale de traînée (N)
A	superficie submergée du barrage, corrigée pour tenir compte de la configuration en remorquage (m^2)
Re	nombre de Reynolds

1 Introduction

Le Service de la protection de l'environnement, d'Environnement Canada, participe au développement et à l'évaluation des techniques de nettoyage des déversements d'hydrocarbures depuis 1973. Les essais en mer de produits disponibles sur le marché sont confiés à des entrepreneurs privés. Dans la plupart des cas, le soutien logistique a été fourni par la Garde côtière canadienne. Une grande partie des travaux réalisés récemment l'ont été dans le cadre du programme sur les déversements d'hydrocarbures en milieu marin arctique (AMOP), du Service de la protection de l'environnement.

Le présent projet portait spécialement sur l'évaluation de six barrages et de six écrémeurs conçus pour des interventions en eau froide et dans l'Arctique. Plusieurs raisons nous ont incité à choisir St-Jean (Terre-Neuve) et à y effectuer nos essais en mars et avril. À ce moment de l'année, les eaux sont libres de glace mais la température est assez basse pour permettre l'étude d'importantes caractéristiques et limites opérationnelles dans les conditions hivernales typiques d'un bon nombre de régions du Canada. En dehors de la pleine mer, le port de St-Jean et un bassin de décantation de la raffinerie Ultramar Canada, située tout près à Holyrood, ont été utilisés pour essayer les équipements au cours d'une phase préliminaire contrôlée (voir figure 1). Les possibilités des dispositifs pouvaient donc être observées en eaux calmes et une décision pouvait ensuite être prise sur la pertinence d'une évaluation plus poussée dans les conditions plus rudes du milieu océanique.

La base de la Garde côtière à Mulgrave (Nouvelle-Écosse) a été utilisée pour une partie des essais étant donné que l'un des écrémeurs à évaluer s'y trouvait et qu'il était plus facile de disposer, à cet endroit, du personnel ayant une certaine expérience avec cet appareil.

Un barrage a été soumis à un essai plus poussé dans des conditions contrôlées aux installations du Oil and Hazardous Materials Simulated Environmental Test Tank (OHMSETT) de l'EPA étatsunienne pour observer et quantifier les mécanismes de perte d'hydrocarbures au-dessus et au-dessous de la surface de l'eau.

Les six écrémeurs mécaniques retenus pour évaluations étaient:

1) LITTLE GIANT (une moissonneuse convertie)

Mis au point et fourni par:
Garde côtière canadienne
Prescott (Ontario)
Canada
K0E 1T0
Canada

tél. (613) 925-2865

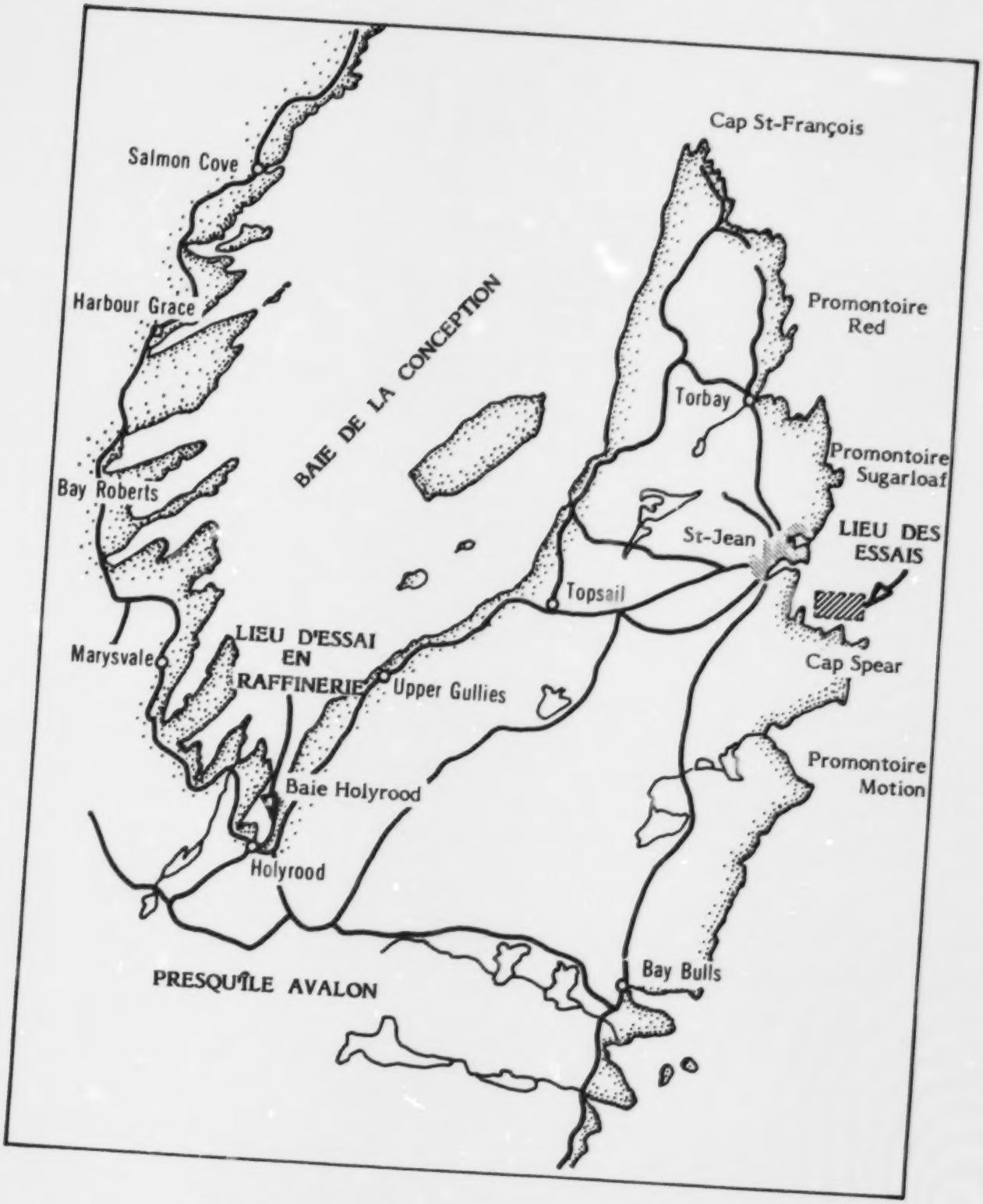


FIGURE 1 **Emplacement des essais (Terre-Neuve)**

TABLEAU RÉCAPITULATIF II

Applicabilité des matériels, systèmes ou procédés

2) DESTROIL

Fourni par:
Hyde Products Inc.
810 Sharon Drive
Cleveland, Ohio 44145
USA
tél. (216) 871-4885

Fabricant:
AB Gustaf Terling
St. Budhusgat
30.S-411 21
Göteborg (Suède)
tél. (031) 17 04 40

3) SLICKLICKER (modifié, avec injection de vapeur)

Fourni par:
Garde côtière canadienne
C.P. 69
Mulgrave (Nouvelle-Écosse)
B0E 2G0
Canada
tél. (902) 747-3430

Fabricant:
R.B.H. Cybernetics (1970) Ltd.
P.O. Box 4205
Postal Station A
Victoria
(Colombie-Britannique)
V8X 3X8
Canada
tél. (604) 478-3122

4) MORRIS MI-80

Mis au point et fourni par:
Morris Industries Ltd.
1527 Columbia Street
North Vancouver
(Colombie-Britannique)
V7J 1A3
Canada
tél. (604) 986-2189

5) ÉCRÉMEUR ARCTIQUE VERSATECH

Mis au point et fourni par:
Service de la protection de l'environnement
Place Vincent-Massey
Hull (Québec)
K1A 1C8
Canada
tél. (819) 997-3921

Fabricant:
Versatech Products Inc.
60 Riverside Drive
North Vancouver
(C.-B.)
V7H 1T4
Canada
tél. (604) 929-5451

6) SKIM-PAK

Mis au point et fourni par:
Douglas Engineering
5168 Brookside Lane
Concord, California 94521
USA
tél. (415) 827-9040

Les objectifs de cette phase du programme d'essais étaient:

- évaluer la capacité de chaque écrémeur à récupérer les hydrocarbures à basses températures;

- observer la performance opérationnelle, évaluer la construction et les dispositifs mécaniques utilisés, et noter toute difficulté de fonctionnement rencontrée au cours des essais; et
- quantifier la récupération des hydrocarbures en mesurant le débit et la quantité d'hydrocarbures récupérés et faire une évaluation qualitative du produit récupéré.

Les résultats des essais des écrémeurs sont présentés au chapitre 2 avec tous les détails sur les appareils et le programme d'évaluation.

Quant aux six barrages évalués à St-Jean, il s'agissait de:

1) BARRAGE DE LA U.S. COAST GUARD

Fourni par:
U.S. Coast Guard
400-7 Street S.W.
Washington, D.C. 20590
USA
tél. (202) 426-1023

Fabricant:
B.F. Goodrich Company
500 South Main Street
D/0318
Akron, Ohio 44328
USA
tél. (216) 379-3575

2) TROILBOOM

Mis au point et fourni par:
Trelleborg AB
Fack, S-231 01 Trelleborg
Suède
tél. 0410/510 00

3) ALBANY OIL-FENCE

Mis au point et fourni par:
Albany International
Technical Fabrics Division
P.O. Box 1062
Buffalo, N.Y.
14240
USA
tél. (716) 824-8484

4) BARRAGE ZOOOM

Mis au point et fourni par:
Versatech Products Incorporated
60 Riverside Drive
North Vancouver
(Colombie-Britannique)
V7H 1T4
Canada
tél. (604) 929-5451

5) BARRAGE AMOP

Mis au point et fourni par:
Service de la protection de l'environnement
Place Vincent-Massey
Hull (Québec)
K1A 1C8
Canada
tél. (819) 997-3921

Concepteur et fabricant:
McAllister Engineering Ltd.
200A-256D Simpson Road
Richmond
(Colombie-Britannique)
V6X 2P9
Canada
tél. (604) 270-7225

6) VIKOMA SEA-PACK

Fourni par:
Garde côtière canadienne
P.O. Box 1300
St-Jean (Terre-Neuve)
A1C 5N5
Canada
tél. (709) 737-5171

Fabricant:
Vikoma International Ltd.
Littleton Road
Ashford Rd.
Ashford, Middlesex
TW15 UT
Royaume-Uni
tél. Ashford (07842) 45011

L'évaluation des barrages dans l'océan Atlantique a porté sur leur résistance au remorquage libre ou en forme de U, leur tenue en mer, leur facilité de manutention et leur capacité de rétention des hydrocarbures. L'un des objectifs précis du programme était de recueillir des données numériques pour évaluer la performance. Cependant, les difficultés logistiques liées à l'agitation de la mer ont empêché le relevé de mesures précises. Une évaluation qualitative de chaque produit a donc été faite, et il a été possible de calculer les coefficients de traînée.

Dans le cas du barrage Zooom, une évaluation plus complète de ses capacités a été faite par un programme indépendant d'essais dans des conditions contrôlées. En octobre 1980, le barrage a été soumis à une série d'essais de rétention des hydrocarbures dans les installations du OHMSETT à Leonardo (New Jersey). Ces travaux ont été commandités par la U.S. Coast Guard en guise de contribution de cet organisme au Programme sur les déversements d'hydrocarbures en milieu marin arctique (AMOP) d'Environnement Canada. Les résultats des essais de ce barrage sont analysés au chapitre 3. Cette partie contient également une analyse comparative des barrages ainsi que les coefficients de traînée calculés pour les essais au large. Les conclusions et les recommandations générales issues de ce programme sont présentées au chapitre 4.

2 Essais des écrémeurs

2.1 MÉTHODOLOGIE

Les essais des écrémeurs ont été faits en mars 1980 dans un bassin de décantation d'une raffinerie ainsi que dans le port et la baie de St-Jean (Terre-Neuve), et à Mulgrave (Nouvelle-Écosse), à des températures ambiantes variant de -7 à +11 °C. Il n'y avait que très peu de glace aux emplacements de Terre-Neuve lors des essais. Les travaux faits à Mulgrave comprenaient la récupération d'hydrocarbures et de glace. Le tableau 1 précise le lieu des essais, le milieu d'essai, le principe de récupération du mazout lourd* ou du brut et le mécanisme de transfert du produit pour chaque écrémeur.

Quatre des écrémeurs ont été essayés dans le bassin de décantation de la raffinerie Ultramar Canada, illustré à la figure 2. Le Little Giant et le Destroil ont récupéré du bunker sur une superficie de 18 m^2 confinée par un barrage Flexy de 30 cm. Le bunker a été déversé à la surface de l'eau à une température bien supérieure à celle du point d'écoulement, soit 2 °C, et a ensuite été refroidi par l'eau.

Le premier essai a porté sur le **Little Giant** installé sur le bord du bassin et dont l'une des extrémités était plongée dans la couche de bunker. L'appareil était actionné par le moteur à commande hydraulique du mini-écrémeur Komara. Le bunker récupéré par l'écrémeur était transféré dans un fût découvert. La vitesse de rotation des raclettes était mesurée en chronométrant le temps qu'il fallait à une raclette pour franchir une distance donnée. La pente de la rampe était également déterminée pour chaque essai. L'épaisseur du film de bunker était mesurée à l'aide d'un tube de verre. Le tube était inséré dans la couche de bunker, le dessous était alors bouché et le tube retiré du liquide. On mesurait l'épaisseur du film de bunker. Il ne restait qu'à la déduire de l'épaisseur totale de liquide dans le fût pour déterminer la quantité d'eau récupérée par le Little Giant.

La **tête d'écrémage Destroil** a ensuite été essayée. Cet appareil est livré avec son propre système moteur et son système de tuyaux. Le fonctionnement de l'appareil fut observé en présence de bunker avant la prise de toute mesure quantitative et on a décidé de mettre fin aux essais. L'appareil a donc été retiré du bassin et nettoyé.

On procéda ensuite aux essais du **Skim-Pak** et du **Morris MI-80**, avec du pétrole brut. Cette tête d'écrémage nécessite une pompe pour transférer les hydrocarbures et c'est la pompe Spate de 7,6 cm, accessoire de l'appareil Komara, qui a été employée. Les tuyaux de 7,6 cm ont été adaptés pour s'ajuster à ceux de 3,8 cm de la tête d'écrémage. L'appareil était guidé dans le pétrole à l'aide de son manche d'aluminium. La superficie d'essai du Skim-Pak était également de 18 m^2. Une couche de 6 à 18 mm de pétrole brut a été déversée à la surface de l'eau. L'épaisseur de la couche était mesurée à l'aide d'un tube de verre tel que précédemment mentionné. L'épaisseur du pétrole et de l'eau était mesurée au moyen d'une colonne Arceast (voir figure 3). L'ouverture de la vanne de réglage était modifiée pour chaque série d'essais. Le débit d'aspiration de la pompe Spate était constant.

Au cours des essais du Little Giant, du Destroil et du Skim-Pak, des jets d'eau étaient utilisés pour accumuler le bunker ou le brut devant la tête d'écrémage afin de vérifier si cela améliorait la récupération. On s'est servi d'une petite pompe centrifuge Homelite (5 cm).

---

* Désigné par bunker ci-après.

2 Essais des écrémeurs

2.1 MÉTHODOLOGIE

Les essais des écrémeurs ont été faits en mars 1980 dans un bassin de décantation d'une raffinerie ainsi que dans le port et la baie de St-Jean (Terre-Neuve), et à Mulgrave (Nouvelle-Écosse), à des températures ambiantes variant de -7 à +11 °C. Il n'y avait que très peu de glace aux emplacements de Terre-Neuve lors des essais. Les travaux faits à Mulgrave comprenaient la récupération d'hydrocarbures et de glace. Le tableau 1 précise le lieu des essais, le milieu d'essai, le principe de récupération du mazout lourd* ou du brut et le mécanisme de transfert du produit pour chaque écrémeur.

Quatre des écrémeurs ont été essayés dans le bassin de décantation de la raffinerie Ultramar Canada, illustré à la figure 2. Le Little Giant et le Destroil ont récupéré du bunker sur une superficie de 18 m^2 confinée par un barrage Flexy de 30 cm. Le bunker a été déversé à la surface de l'eau à une température bien supérieure à celle du point d'écoulement, soit 2 °C, et a ensuite été refroidi par l'eau.

Le premier essai a porté sur le **Little Giant** installé sur le bord du bassin et dont l'une des extrémités était plongée dans la couche de bunker. L'appareil était actionné par le moteur à commande hydraulique du mini-écrémeur Komara. Le bunker récupéré par l'écrémeur était transféré dans un fût découvert. La vitesse de rotation des raclettes était mesurée en chronométrant le temps qu'il fallait à une raclette pour franchir une distance donnée. La pente de la rampe était également déterminée pour chaque essai. L'épaisseur du film de bunker était mesurée à l'aide d'un tube de verre. Le tube était inséré dans la couche de bunker, le dessous était alors bouché et le tube retiré du liquide. On mesurait l'épaisseur du film de bunker. Il ne restait qu'à la déduire de l'épaisseur totale de liquide dans le fût pour déterminer la quantité d'eau récupérée par le Little Giant.

La **tête d'écrémage Destroil** a ensuite été essayée. Cet appareil est livré avec son propre système moteur et son système de tuyaux. Le fonctionnement de l'appareil fut observé en présence de bunker avant la prise de toute mesure quantitative et on a décidé de mettre fin aux essais. L'appareil a donc été retiré du bassin et nettoyé.

On procéda ensuite aux essais du **Skim-Pak** et du **Morris MI-80**, avec du pétrole brut. Cette tête d'écrémage nécessite une pompe pour transférer les hydrocarbures et c'est la pompe Spate de 7,6 cm, accessoire de l'appareil Komara, qui a été employée. Les tuyaux de 7,6 cm ont été adaptés pour s'ajuster à ceux de 3,8 cm de la tête d'écrémage. L'appareil était guidé dans le pétrole à l'aide de son manche d'aluminium. La superficie d'essai du Skim-Pak était également de 18 m^2. Une couche de 6 à 18 mm de pétrole brut a été déversée à la surface de l'eau. L'épaisseur de la couche était mesurée à l'aide d'un tube de verre tel que précédemment mentionné. L'épaisseur du pétrole et de l'eau était mesurée au moyen d'une colonne Arceast (voir figure 3). L'ouverture de la vanne de réglage était modifiée pour chaque série d'essais. Le débit d'aspiration de la pompe Spate était constant.

Au cours des essais du Little Giant, du Destroil et du Skim-Pak, des jets d'eau étaient utilisés pour accumuler le bunker ou le brut devant la tête d'écrémage afin de vérifier si cela améliorait la récupération. On s'est servi d'une petite pompe centrifuge Homelite (5 cm).

---

* Désigné par bunker ci-après.

TABLEAU 1 RÉSUMÉ DU PROGRAMME D'ÉVALUATION DES ÉCRÉMEURS

Appareil testé	Emplacement	Milieu d'essai	Principes de récupération des hydrocarbures	Transfert des hydrocarbures
Little Giant	bassin de décantation*	bunker	raclettes mobiles	raclettes mobiles
Destroil	bassin de décantation*	bunker	déversoir	vis d'Archimède
Slicklicker	base de la GCC (N.-É.)	bunker	bande sans fin	bande sans fin
Skim-Pak	bassin de décantation*	brut	déversoir hydro-ajustable	pompe
Morris MI-80	bassin de décantation*	brut	déversoir hydro-ajustable et disques oléophiles	pompe
Écrémeur arctique Versatech au large		brut	bande sans fin	pompe

* Raffinerie Ultramar Canada, Holyrood, Newfoundland

Le Morris MI-80 fut le dernier écrémeur à être essayé dans le bassin de la raffinerie. Pour cet essai, une superficie de 670 m^2 a été confinée par un barrage afin de permettre la manoeuvre de l'engin dans le pétrole. Un mètre cube de pétrole brut a été répandu dans la zone confinée. En raison du vent, le pétrole s'est accumulé à une extrémité de la zone et la nappe avait une épaisseur de 10 à 25 mm, mesurée à l'aide d'un tube de verre également. L'écrémeur Morris est livré avec un tuyau d'évacuation de 15 m, mais ce tuyau entrave considérablement la manoeuvre de l'appareil et a donc été retiré. Le pétrole a été récupéré dans le puisard de l'appareil. Une fois ce puisard plein, le pétrole était pompé dans une colonne Arceast par une pompe embarquée. L'épaisseur de l'eau et du pétrole était ensuite mesurée. Les deux ensembles de disques tournaient à des vitesses différentes en raison de la faible puissance du moteur, et la répartition de la puissance était incontrôlable à faible vitesse. Ce problème a introduit certaines erreurs dans le

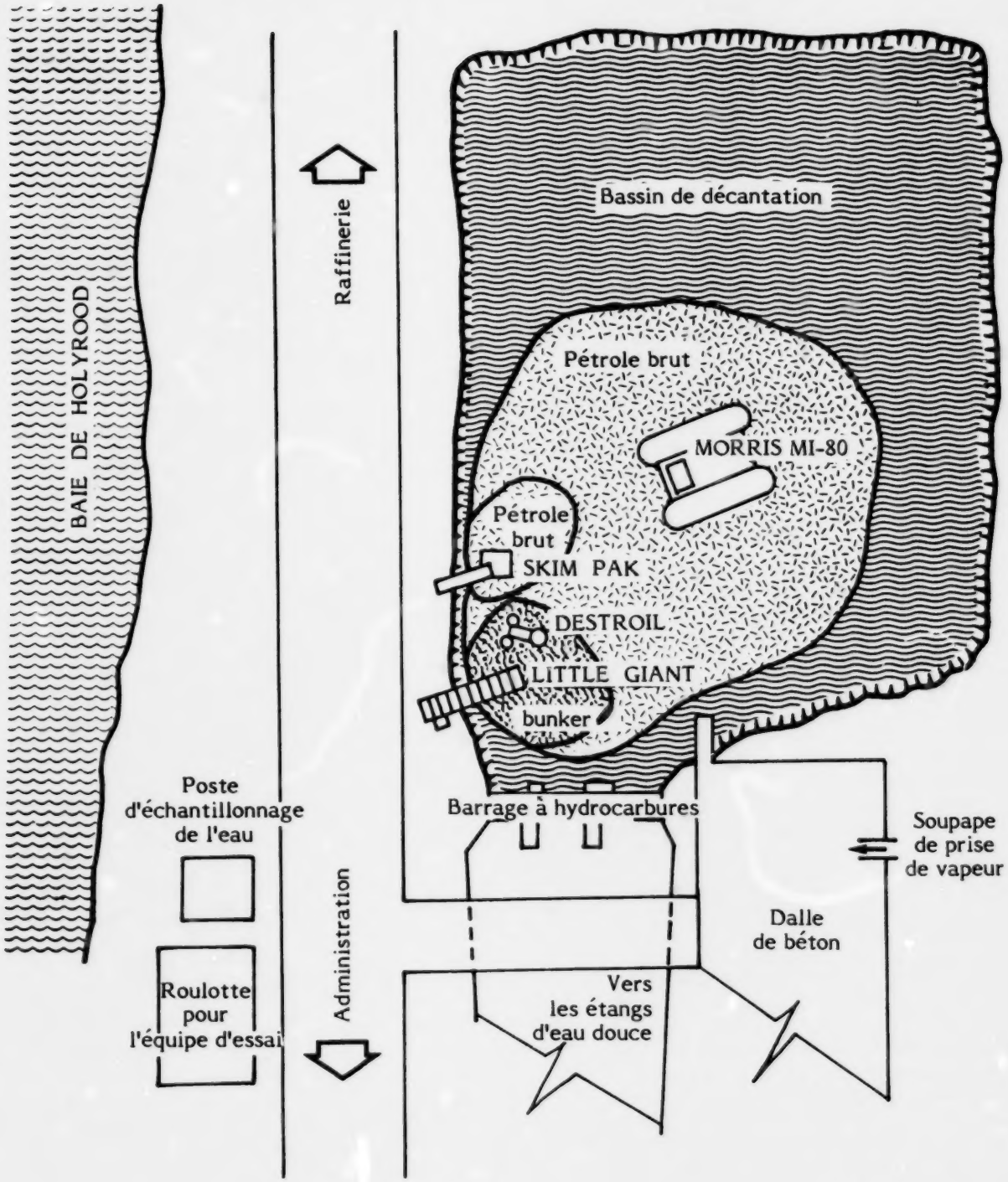


FIGURE 2 **Plan du lieu d'essai à la raffinerie Ultramar Canada de Holyrood**

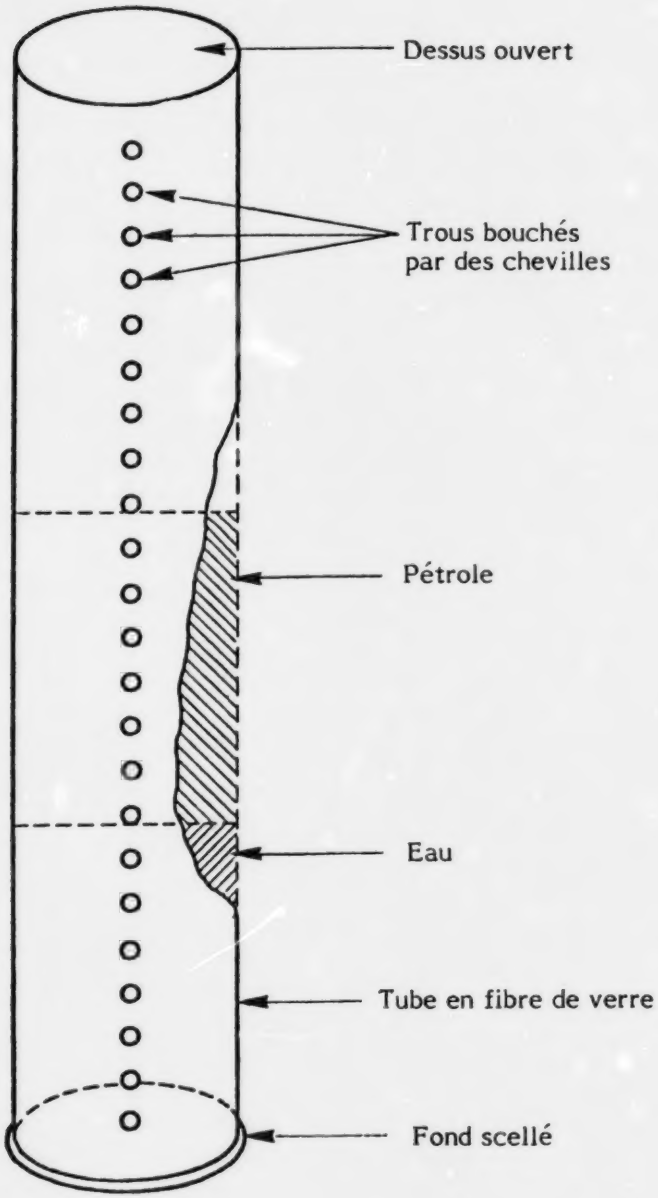


FIGURE 3 **Colonne ARCEAST**
(À partir du bas, les chevilles sont enlevées et remises en place jusqu'à ce qu'il y ait échappement de pétrole; c'est ainsi que se détermine le niveau inférieur de la couche de pétrole, et la limite supérieure du pétrole est trouvée en répétant l'opération susmentionnée à partir du haut. Le volume pétrole/volume total peut ainsi être établi.)

calcul du débit de récupération. D'autres problèmes ont également influé sur la récupération, les deux principaux étant le positionnement du déversoir hydro-ajustable, empêchant son fonctionnement, et le fonctionnement inadéquat de la pompe à eau qui entravait l'écoulement du pétrole. Au cours de ces essais, le déversoir a été maintenu bas et un bouchon a été retiré à l'arrière de l'appareil pour améliorer le débit. Le système de rinçage sous pression n'a pas été utilisé à cause du manque de puissance du moteur.

Après les essais, les mélanges pétrole/eau récupérés ont été analysés à l'aide d'une centrifugeuse Dynac Adams et d'un tensiomètre Fisher, modèle 21.

L'**écrémeur arctique Versatech** a été essayé au large pour comparer sa capacité de récupération, son fonctionnement et sa tenue en mer avec les données de performance obtenues précédemment, dans des conditions contrôlées, au OHMSETT. Des difficultés logistiques ont empêché de mesurer la quantité de pétrole récupéré, mais il a été possible d'évaluer les caractéristiques de fonctionnement de l'appareil. L'écrémeur a été fixé sur le dessus d'un barrage Zooom et AMOP, et du pétrole brut a été déversé en amont. L'appareil a été mis en marche pour tenter de récupérer le pétrole.

Les caractéristiques de tenue en mer ont été vérifiées en remorquant l'écrémeur à des vitesses allant jusqu'à 3 noeuds et en observant le tangage et le roulis.

Le **Slicklicker** a été essayé à la base de la Garde côtière canadienne à Mulgrave (Nouvelle-Écosse). Il a été placé entre deux réservoirs flottants (Porta-Tank). L'un des réservoirs était rempli de bunker qui fût transféré dans le réservoir vide par le Slicklicker. Lorsque tout le bunker fut transféré, on fit pivoter l'appareil de 180° et on répéta l'opération. Des débris (glace, bois et chiffons) ont été ajoutés au bunker pour ces essais.

On faisait varier l'allure de la bande et sa vitesse était mesurée en chronométrant le temps que prenait un point marqué sur la bande pour parcourir une distance donnée. L'épaisseur de la nappe n'a pu être mesurée étant donné que le bunker froid avait tendance à former des grumeaux; par contre, la quantité totale de bunker transféré a été mesurée.

Dans certains essais, le bunker ou le brut ont été poussés manuellement sur la bande tandis que dans d'autres la bande seule a assuré la récupération; l'une ou l'autre de ces méthodes peuvent être utilisées au cours des nettoyages de déversements d'hydrocarbures, selon la main-d'oeuvre disponible. Des raclettes de diverses formes ont été essayées au point d'admission pour pousser le bunker ou le brut vers le centre de la bande.

2.2 LITTLE GIANT

(Mis au point par la Garde côtière canadienne, Prescott (Ontario))

2.2.1 Principe de fonctionnement et caractéristiques

L'écrémeur Little Giant est conçu principalement pour récupérer du bunker. Il s'agit de la version modifiée d'un convoyeur agricole courant, équipé de raclettes mobiles qui entraînent les hydrocarbures vers le haut d'un plan incliné. L'appareil est conçu pour être installé sur un bateau de service, une barge ou sur le rivage. L'extrémité du convoyeur est ensuite dirigée dans les hydrocarbures flottant à la surface de l'eau en faisant basculer l'appareil sur son support. Les hydrocarbures sont récupérés par des plaques en aluminium fixées aux deux extrémités. La figure 4 illustre le principe de récupération du Little Giant.

L'appareil est arrivé à St-Jean partiellement démantelé, non emballé. Le support et la goulotte d'admission étaient séparés du corps principal de l'écrémeur. Une goulotte d'évacuation avait été perdue au cours du transport.

Une fois monté, l'appareil mesure 4,9 m de longueur, 1,3 m de largeur et 1,2 m de hauteur.

Des raclettes de 54 cm de longueur sur 9 cm de hauteur sont mues par un entraînement hydraulique à chaîne et pignon comme le montre la figure 5.

L'appareil est fait en acier, à l'exception des goulottes d'admission et d'évacuation, et du compartiment de préchauffage, qui sont en aluminium. Le moteur hydraulique n'était pas fourni avec l'appareil; il a donc fallu utiliser le moteur diesel du mini-écrémeur Komara.

Étant donné que l'écrémeur est conçu pour être utilisé principalement dans du bunker de très grande viscosité, une unité de préchauffage a été installée sous le plan incliné. Cette unité consiste en conduites de vapeur en cuivre dans un bâti en aluminium, la vapeur étant fournie par une source externe. Pour ces essais, de la vapeur à haute pression était fournie par la raffinerie. À part celui des sources externes d'énergie et de vapeur, le seul ajustement possible au cours des opérations est celui de l'angle d'inclinaison. Le corps principal de l'écrémeur peut pivoter sur le support pourvu d'une série de trous et d'une cheville de verrouillage. Cet ajustement nécessite trois ou quatre personnes. La vitesse de rotation de la bande et le débit de vapeur sont contrôlés à distance.

Le déplacement du Little Giant exige un camion avec bras de chargement, un chariot élévateur ou un engin équivalent. Le transport à distance se fait par camion à plate-forme, par wagon ou par avion cargo.

Cet appareil peut être nettoyé à la vapeur ou à l'aide d'un solvant, mais l'absence de surface lisse continue entrave le nettoyage.

2.2.2 Résultats des essais

La figure 6 illustre la disposition de l'écrémeur Little Giant au cours des essais. Des volumes de 0,3 à 0,6 m^3 de bunker ont été répandus pour donner des nappes d'une épaisseur variant de 20 à 40 mm. La température de l'air était de 2 °C au cours de la période d'essai et il a plu la majeure partie du temps (de l'essai n° 5 à l'essai n° 10). Au total, 10 essais ont été effectués au cours desquels la vitesse de rotation de la chaîne, l'inclinaison de l'appareil et l'approvisionnement en vapeur ont été changés. Les résultats des essais figurent au tableau 2.

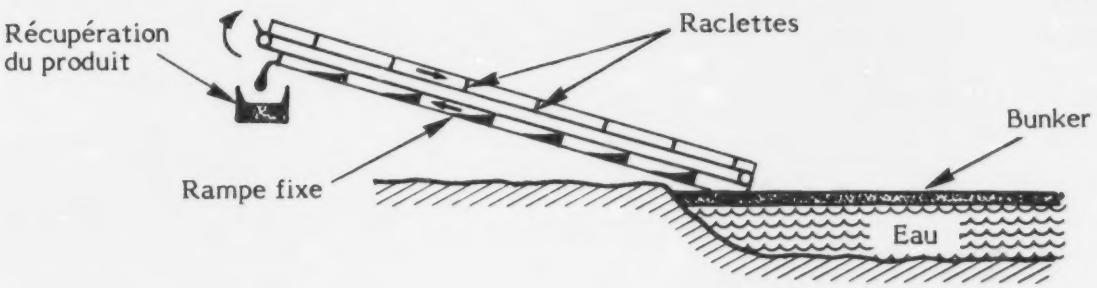


FIGURE 4 LITTLE GIANT: Principe de récupération

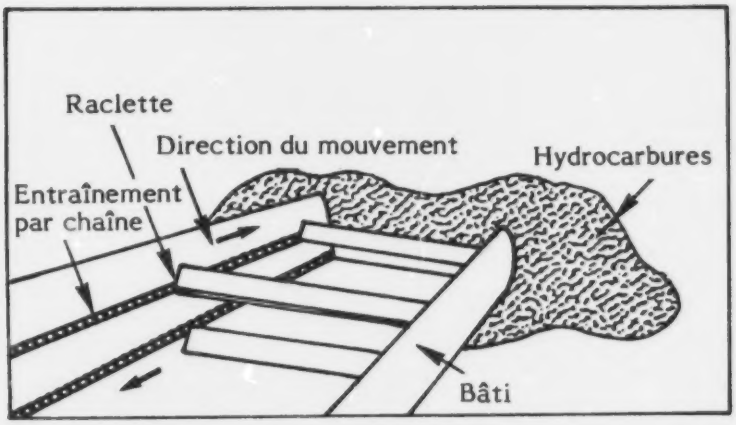


FIGURE 5 Détail du LITTLE GIANT

FIGURE 6 LITTLE GIANT - tel que mis en place pour les essais

TABLEAU 2 RÉSULTATS DES ESSAIS DE L'ÉCRÉMEUR LITTLE GIANT

Essai n°	Température du pétrole		Volume de bunker déversé	Épaisseur du film	Liquide récupéré	Teneur en eau	Qté réelle de pétrole récupéré	Durée de l'essai	Débit réel du bunker	Allure de la bande	Inclinaison de l'écrémeur	Vapeur	Débit calculé du liquide	Volume réel de bunker par unité de largeur
	Avant (°C)	Après (°C)	V (m³)	b (mm)	V_L (m³)	W (%)	V_Q (m³)	T (s)	Q_o (m³/h)	v (m/s)	α (°)	V	Q_L (m³/h)	Q_o/B (m³/m.h)
1	14	14	0,39	25	0,140	20	0,112	142	2,84	0,21	27	non	4,83	5,16
2	11	11	0,32	20	0,096	20	0,077	131	2,12	0,20	27	non	4,60	3,85
3	11	11	0,39	25	0,145	40	0,087	145	2,16	0,20	27	non	4,60	3,93
4	11	11	0,59	38	0,042	5	0,040	135	1,07	0,20	38	non	3,00	1,95
5	11	11	0,59	38	0,159	5	0,151	100	5,44	0,20	27	non	4,60	9,89
6	5	11	0,59	38	0,140	50	0,070	135	1,87	0,25	27	oui	5,75	3,40
7	11	14	0,51	32	0,139	40	0,083	128	2,33	0,21	27	oui	4,83	4,24
8	10	19	0,42	27	0,140	40	0,084	115	2,63	0,21	30	oui	4,27	4,78
9	12	12	0,59	38	0,112	8	0,103	405	0,92	0,05	30	non	1,02	1,67
10	10	-	0,50	32	0,091	8	0,084	405	0,75	0,05	30	oui	1,02	1,36

La température de l'air variait entre + 1 et + 3 °C

Le débit réel de récupération du bunker par unité de largeur de l'écrémeur est représenté en graphique par rapport à l'allure de la chaîne (voir figure 7). Des graphiques semblables basés sur l'épaisseur de la nappe, l'inclinaison de l'écrémeur et la quantité de vapeur appliquée n'indiquent pas de relations significatives.

La performance optimale nominale de l'écrémeur peut être obtenue simplement en calculant le volume d'hydrocarbures transporté par une raclette jusqu'au point de récupération et le nombre de fois à l'heure que les raclettes déchargent cette quantité.

Q_L = débit de récupération du liquide (m^3/h)

v = allure de la chaîne (m/h)

B = largeur de l'écrémeur (0,55 m)

H = hauteur de la raclette (0,085 m)

a = angle d'inclinaison de l'écrémeur par rapport au plan horizontal (degrés)

D = distance entre deux raclettes (0,61 m)

En remplaçant les paramètres qui demeuraient constants au cours de l'expérience, nous obtenons:

$$Q_L = 11{,}73 \text{ v cot a}$$

Ce rapport a été employé pour calculer Q_L pour les dix expériences et la figure 8 donne les débits de récupération mesurés par rapport aux débits de récupération calculés.

Dans la quantité calculée, le débit de récupération est surestimé. Au cours des essais à grande vitesse, on a pu constater que les raclettes ne peuvent évacuer entièrement leur charge, leur allure étant trop grande.

2.2.3 Analyse

Construction

L'écrémeur Little Giant, construit en tôle, est approprié à sa fonction. Les éléments mécaniques sont de type courant et aucun ajustage très précis n'est nécessaire, ce qui constitue un avantage pratique sur le terrain. La rampe d'admission inférieure n'a aucune utilité précise et pourrait être raccourcie. L'extrémité supérieure de l'écrémeur devrait être recouverte par mesure de prudence et également pour empêcher le vent d'éparpiller des gouttelettes de pétrole dans toute la zone de récupération, ce qui est fort désagréable pour l'opérateur.

Fonctionnement

Le réglage initial de l'écrémeur est important pour pouvoir récupérer les hydrocarbures sans alimentation manuelle. Le rouleau inférieur doit être placé de manière que son centre se trouve juste au-dessus de la surface du pétrole. S'il est placé trop haut, il n'y a pas suffisamment de pétrole rassemblé pour charger les raclettes en continu, et si le centre du rouleau est sous la surface du pétrole, les raclettes qui descendent battent l'eau et éloignent ainsi le pétrole, ce qui constituerait un problème très important au cours des interventions dans des déversements réels. Si l'on inversait le sens de rotation de

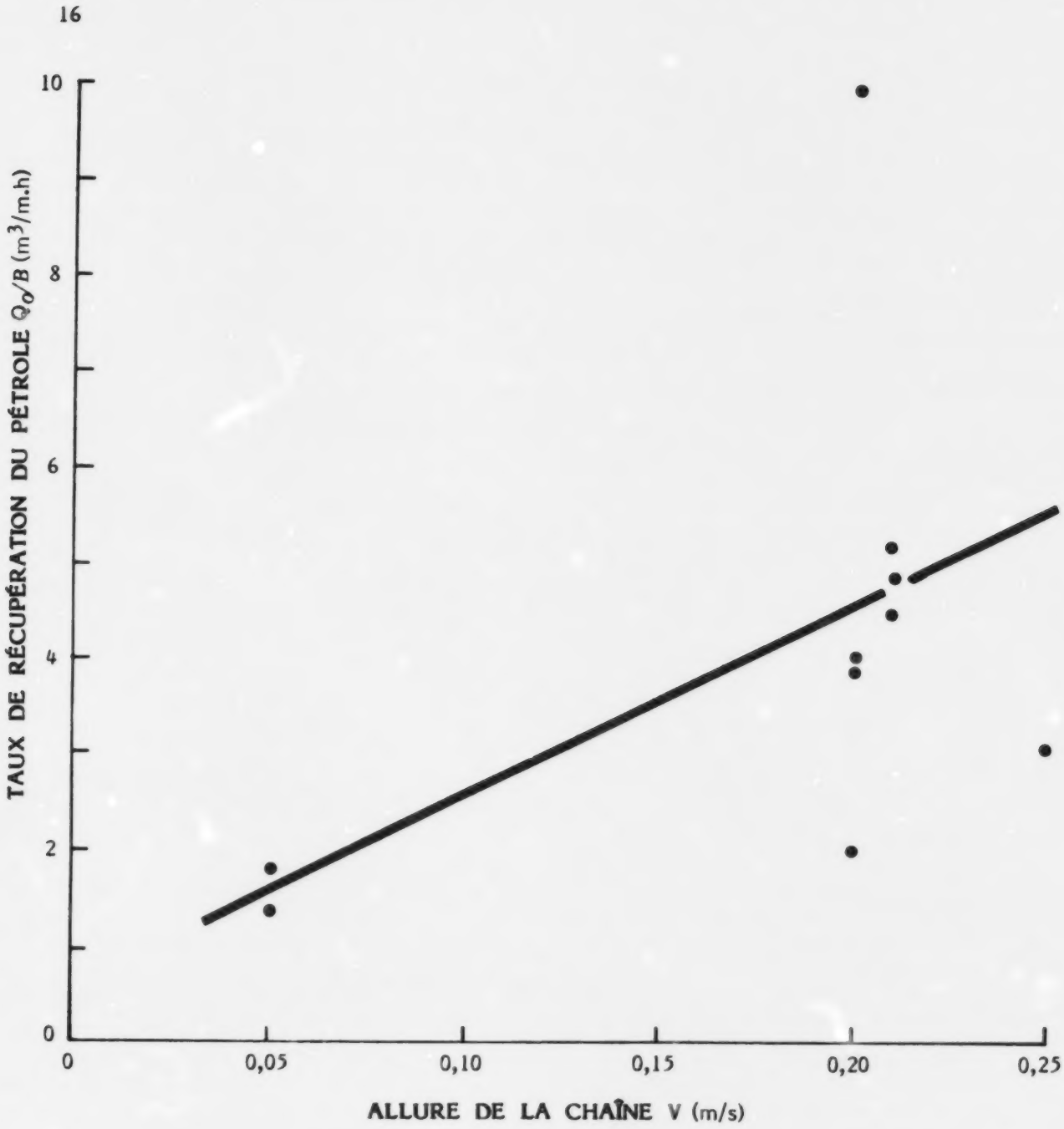


FIGURE 7 Taux de récupération du bunker par unité de largeur en fonction de l'allure de la chaîne (écrémeur LITTLE GIANT)

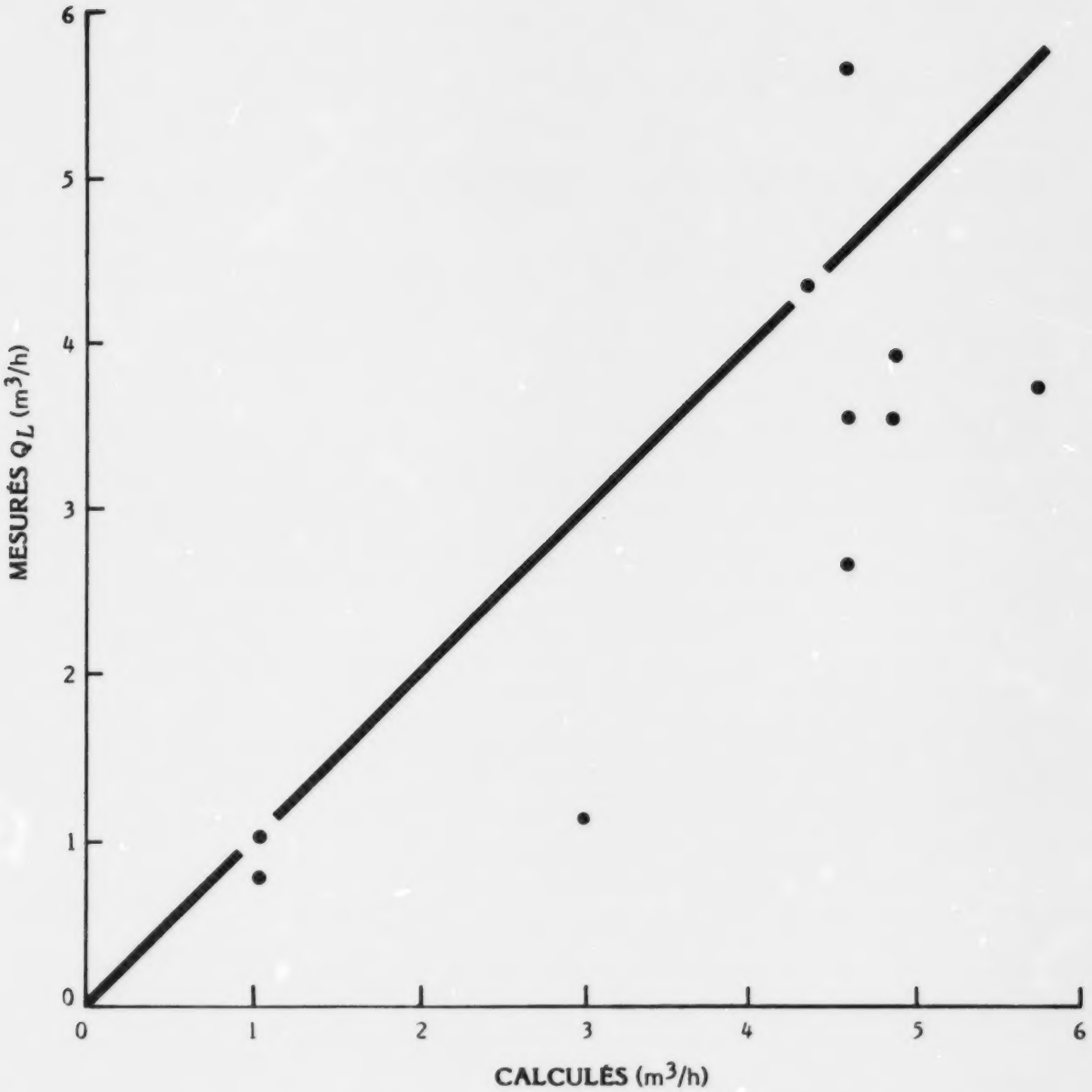


FIGURE 8 Débits mesurés et calculés de récupération du bunker (écrémeur LITTLE GIANT)

la bande pour que les raclettes entraînent le pétrole par le plan supérieur plutôt que par le plan inférieur, le positionnement de l'appareil ne devrait probablement pas être aussi précis.

Lors des essais, le bunker qui atteignait le haut de l'appareil n'avait pas le temps de tomber des raclettes au passage de celles-ci sur le rouleau supérieur. Cela a certainement réduit le débit de récupération comme nous l'avons mentionné précédemment, et provoqué l'éparpillement du liquide autour du fût de récupération, phénomène aggravé par des vents de 30 noeuds qui chassaient les gouttelettes de bunker.

Le débit de récupération est fonction des dimensions et de l'inclinaison de l'écrémeur. Ainsi, si la résistance au frottement peut être vaincue, la capacité de l'appareil peut être améliorée en ajoutant d'autres raclettes espacées de **H cot a**, espacement calculé pour un angle minimal de fonctionnement. L'écrémeur a fonctionné pendant deux heures, avec toutes les raclettes chargées de bunker, alors que la température de l'air était de - 2 °C. Le moteur à commande hydraulique n'a eu aucune difficulté à entraîner la bande chargée du produit solidifié.

Cet appareil devrait pouvoir traiter des débris souples ou en forme de blocs. Les débris longs et minces pourraient être coincés entre la rampe et les raclettes.

2.3 DESTROIL

(Fabricant: AB Gustaf Terling, Göteborg, Suède)

2.3.1 Principe de fonctionnement et caractéristiques

Comme l'indique la figure 9, le Destroil est une application du principe de récupération par déversoir. Une fois que les hydrocarbures ont franchi le seuil du déversoir pour tomber dans le puisard, ils sont pompés par une pompe à vis d'Archimède mue par un moteur hydraulique. L'évacuation par la pompe à vis se fait grâce à un tuyau souple de 20 cm de diamètre. L'appareil flotte grâce à trois caissons de flottaison, deux non ajustables et un à réglage pneumatique. Cet appareil se vend avec système moteur externe, dévidoir et tuyaux.

Voici les dimensions hors-tout des trois principaux éléments du système. Les dimensions pour le transport sont à peu près les mêmes.

	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)	Poids (kg)
Système moteur :	1,6	1,0	1,2	900
Dévidoir :	1,4	1,46	1,02	Variable
Tête d'écrémage et flotteurs :	2,5	1,7	0,9	190

À l'exception des tuyaux de commande hydraulique et d'évacuation, l'appareil est tout en acier. Le nettoyage du Destroil est facilité par les surfaces lisses de tous ses éléments.

Un moteur à commande hydraulique réversible est utilisé pour actionner la pompe à vis dans la tête d'écrémage. L'énergie nécessaire à ce moteur est fournie par une source externe, par l'entremise de deux tuyaux hydrauliques de 40 m de longueur équipés de raccords rapides de tailles différentes pour éviter toute erreur de branchement. Le système moteur consiste en une unité autonome comprenant un moteur diesel avec réservoir de liquide hydraulique et compresseur d'air intégré. Le système moteur est équipé de toutes les commandes nécessaires pour ajuster la tête d'écrémage en cours d'emploi.

FIGURE 9 DESTROIL: Déversoir de récupération et vis d'Archimède pour le transfert

La position du déversoir par rapport à l'interface pétrole/eau peut être réglée en pompant de l'air dans le gros flotteur avant. L'air est fourni par un compresseur d'air intégré au système moteur et est transporté par des tuyaux de 40 m couplés aux conduites hydrauliques. La vitesse et la direction de la pompe à vis ainsi que le volume d'air dans le flotteur sont les seuls réglages nécessaires pendant les opérations de nettoyage.

La manutention de la tête d'écrémage hors de l'eau et celle du système moteur se font à l'aide d'un camion avec bras de chargement, d'un chariot élévateur ou d'un engin du genre. Le dévidoir peut être transporté par deux personnes sur une surface dure et lisse et la tête d'écrémage est facile à remorquer lorsqu'elle est à l'eau. Le transport à distance se fait par camion, par wagon ou par avion cargo.

2.3.2 Résultats des essais

Les essais ont été faits dans le bassin d'une raffinerie avec 0,5 m^3 de bunker déversé dans une zone confinée d'environ 18 m^2. La température de l'eau était de 5 °C et celle de l'air variait entre 0 °C et - 5 °C. Les essais ont commencé par l'abaissement du caisson de flottaison avant pour amener le déversoir légèrement sous le niveau du mazout, (à 20 mm environ). La récupération étant négligeable, le déversoir fut davantage abaissé. Un afflux soudain d'eau mazoutée par-dessus le rebord du déversoir noya complètement le puisard; par la suite le déversoir ne récupéra plus que de l'eau. Le déversoir a donc été relevé, l'eau a cessé de l'envahir dès qu'il a été suffisamment haut, mais on ne parvenait pas à récupérer le bunker (figure 10).

L'appareil n'a pas subi d'autres essais. Le fonctionnement mécanique de cet appareil a donné entière satisfaction et le personnel d'essai était convaincu que l'appareil aurait pu transporter le mazout lourd qui s'était accumulé dans la vis d'Archimède. Il semble cependant que le Destroil ne pourrait pas récupérer du bunker flottant à la surface de l'eau en une couche du genre de celles qui sont normalement endiguées par les barrages déployés en forme de U.

2.3.3 Analyse de l'écrémeur

Construction

La tête d'écrémage Destroil, le système moteur et les tuyaux constituent un système bien pensé et bien construit. Les tuyaux sont conçus de façon à éviter toute

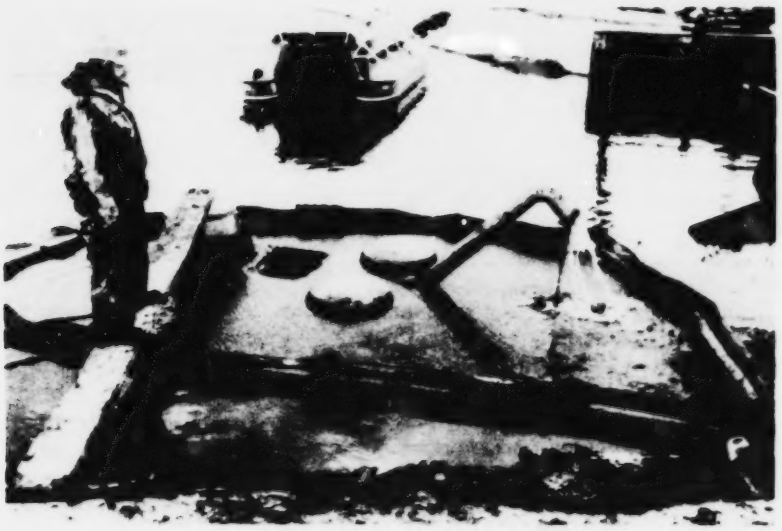


FIGURE 10 Le DESTROIL en cours d'essai

erreur de branchement. La qualité de la fabrication est bien adaptée à l'utilisation prévue de l'appareil qui, avec ses surfaces généralement lisses, est facile à nettoyer (voir figure 11).

L'amorçage et le fonctionnement du système n'ont présenté aucune difficulté même si le manuel d'instructions avait été temporairement égaré.

La tête d'écrémage devrait être équipée de poignées ou de points d'attache pour déplacer l'appareil lorsqu'il n'y a pas de grue. Cet appareil peut être facilement déplacé par trois personnes mais il manque de prise pour le tenir. Étant donné la position ascendante du tuyau d'évacuation, les canalisations hydrauliques étaient peu commodes à brancher et à débrancher. Ce défaut pourrait être corrigé par un réaménagement des ouvertures percées dans les cloisons.

Fonctionnement

La tête d'écrémage a été déployée sans difficulté dans une zone endiguée contenant du bunker. Les tuyaux hydrauliques sont lourds et peu commodes à déplacer, mais leur longueur et leurs dimensions sont appropriées à la tâche. Le caisson de flottaison avant peut être purgé et rempli d'air comprimé provenant d'un petit compresseur entraîné par le système moteur. L'opérateur peut facilement soulever l'extrémité avant de l'appareil pour ajuster la hauteur du déversoir. La réaction de la commande du purgeur est relativement lente et un certain temps s'écoule entre l'actionnement de la manette et le résultat attendu.

Conceptuellement parlant, l'écrémeur est une vis d'Archimède flottante suivie d'un déversoir. Il a été constaté que la vis pouvait facilement transporter le bunker qui l'atteignait. Deux problèmes sont apparus à la température ambiante à laquelle les essais se sont déroulés (-5 à 0 °C).

Le bunker ne franchissait pas le déversoir de façon continue. Lors de l'amorçage de l'appareil, le bunker qui se trouvait au-dessus du déversoir, à la surface de l'eau, a été normalement entraîné par la vis et évacué par le tuyau d'évacuation. Il a toutefois été impossible d'ajuster la hauteur du déversoir dans le mazout visqueux de manière à assurer la pénétration continue du produit. Lorsque le déversoir était suffisamment submergé pour

FIGURE 11 Écrémeur DESTROIL

recueillir le bunker, celui-ci était accompagné d'un grand volume d'eau qui noyait complètement le déversoir, et si le déversoir était relevé en vue de limiter l'entrée d'eau, le bunker ne passait plus le seuil à cause de sa grande viscosité.

Le second problème était dû au type de mazout utilisé. Les caissons de flottaison provoquaient un blocage qui diminuait la possibilité d'accès du bunker au déversoir. Cela était uniquement dû à la viscosité du bunker servant aux essais; ce genre de problème ne devrait pas survenir avec des hydrocarbures plus légers et plus fluides.

Le système moteur semblait suffisamment puissant. Les amas de bunker froid qui atteignaient la vis ne forçaient pas le moteur.

La vis d'Archimède accepte sans aucune difficulté les petits débris. En ce sens, ce genre de pompe possède un avantage important sur la plupart des pompes à déchets non centrifuges puisqu'elle n'a aucun clapet qui peut se bloquer.

C'est principalement la capacité du Destroil à traiter des hydrocarbures froids qui a été évaluée. L'appareil n'a pas bien fonctionné avec le bunker flottant à la surface de l'eau; on est cependant convaincu qu'il pourrait sans difficulté écrémer des hydrocabures moins épais, y compris les hydrocarbures de viscosité relativement élevée. Comme c'est le cas avec tous les écrémeurs à déversoir, et lorsque la nappe est très épaisse, l'appareil récupère beaucoup plus d'hydrocarbures que d'eau si bien que la séparation eau/hydrocarbures n'est pas nécessaire. Cet aspect a été traité plus en détail dans la section traitant du Skim-Pak.

2.4 LE SLICKLICKER

(Fabricant: R.B.H. Cybernetics (1970) Ltd., Victoria (C.-B.))

2.4.1 Principe de fonctionnement et caractéristiques

Cet écrémeur est doté d'une bande sans fin inclinée. Comme le Little Giant, l'appareil est fixé sur le pont d'un bateau de servitude, d'une barge ou sur toute autre

surface solide. L'appareil essayé à Mulgrave avait fait l'objet d'un programme de modification exécuté par la Eastern Marine Services Ltd. de la Nouvelle-Écosse, pour le compte d'Environnement Canada, en collaboration avec la Garde côtière canadienne. Le produit évacué par cet appareil est envoyé par une goulotte dans un contenant approprié. La figure 12 présente un schéma du principe de récupération.

Voici les dimensions de l'appareil en fonctionnement: longueur - 3,66 m; largeur - 1,83 m; hauteur - 2,74 m.

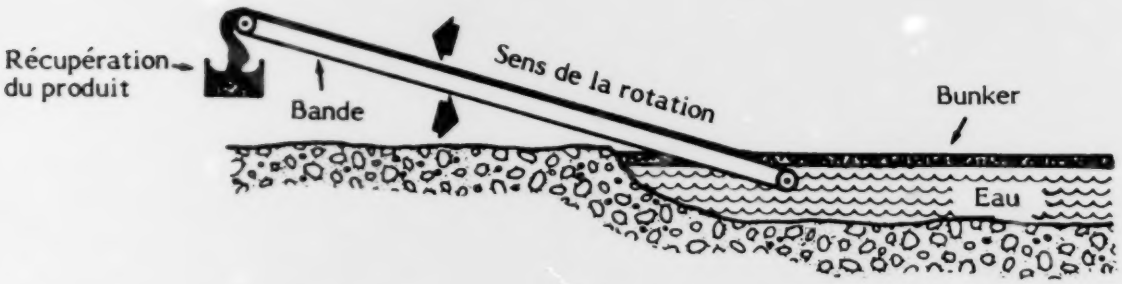


FIGURE 12 Bande sans fin du SLICKLICKER

L'appareil est tout en acier à l'exception de la bande en tissu et du carter protégeant le moteur, qui est en aluminium. La bande est actionnée par un moteur réversible à commande hydraulique de 8 hp mû par un petit moteur à essence incorporé. L'angle d'inclinaison de la bande est contrôlé par un petit treuil électrique, et le tablier pivote à l'extrémité d'évacuation. Le dispositif d'évacuation de l'appareil essayé comportait également un réchauffeur alimenté par les gaz d'échappement du moteur. Ce réchauffeur empêche l'accumulation de matières dans la goulotte d'évacuation et facilite la séparation des hydrocarbures de la bande.

L'opérateur peut régler, sans grand effort physique, la vitesse et le sens de rotation de la bande ainsi que l'angle d'inclinaison de l'appareil. La vitesse du dispositif qui peut être réglée jusqu'à 15 m/mn, et l'ajustement de l'angle d'inclinaison ont été trouvés entièrement satisfaisants pour la récupération du bunker. Le déplacement du Slicklicker nécessite un camion avec bras de chargement ou tout équipement pouvant soulever l'appareil par son seul point de levage, en équilibre. Le transport à distance se fait par camion à plate-forme ou par wagon.

Le nettoyage de cet appareil (considération très peu importante par rapport à la performance) n'a pas été tenté au cours de ces essais; nous croyons cependant qu'il prendrait un certain temps parce que les surfaces ne sont pas lisses et que certains espaces sont difficiles d'accès.

2.4.2 Résultats des essais

Ces essais ont été faits au dépôt de la Garde côtière à Mulgrave, en Nouvelle-Écosse, avec du bunker pompé d'un réservoir flottant Porta-Tank à un autre. Les données recueillies sont présentées au tableau 3. Seule la vitesse de la bande a varié au cours des

TABLEAU 3 RÉSULTATS DES ESSAIS DU SLICKLICKER

Essai nº	Taux de récupération du liquide Q_L (m^3/h)	Allure de la bande v (m/s)	Teneur en eau W (%)	Taux réel de récupération (m^3/h)	Bunker récupéré par unité de largeur ($m^3/m.h$)
1	2,45	0,08	5	2,33	3,11
2	3,11	0,08	5	2,95	3,93
3	3,24	0,08	5	3,08	4,11
4	7,65	0,25	15	6,50	8,67

quatre essais. Durant l'essai préliminaire, l'angle de la bande avait cependant été changé et on avait observé l'influence que cela avait sur le débit de récupération. Une comparaison du Slicklicker et du Little Giant a été faite en traçant le graphique du débit réel de récupération du bunker par unité de largeur en fonction de l'allure de la bande, comme l'indique la figure 13.

Le Slicklicker a récupéré jusqu'à 6,5 m^3/h de bunker à une allure de la bande de 0,25 m/s, avec une teneur en eau de 15 p. 100. Exprimé en débit de récupération par unité de largeur de la bande, on obtient donc théoriquement 8,67 $m^3/m.h$ à la même allure de la bande.

Lors de nombreux essais témoins, le Slicklicker a récupéré d'importantes quantités de morceaux de glace mélangés aux hydrocarbures. On a donc conclu que cet appareil pouvait traiter un mélange d'hydrocarbures et de glace de façon très satisfaisante, bien qu'aucune mesure quantitative n'ait pu être prise.

2.4.3 Analyse

Construction

La structure est entièrement faite d'acier doux et les dimensions de chaque élément sont bien proportionnées. L'appareil peut être soulevé par un seul point de levage, en équilibre.

Nous suggérons que les modifications suivantes soient apportées:

1. un égouttoir sous la rampe pour guider le ruissellement vers l'eau;

2. un tendeur pour le câble de levage de la rampe afin de réduire les arrêts de la bande;

3. un réservoir d'essence plus grand pour prolonger la période de fonctionnement;

4. un orifice d'évacuation percé dans la goulotte serait probablement utile, mais les opinions sont partagées à ce sujet;

5. des tirants de fixation plus longs percés d'ancrures multiples pouvant recevoir des attaches de différentes dimensions pour faciliter la fixation.

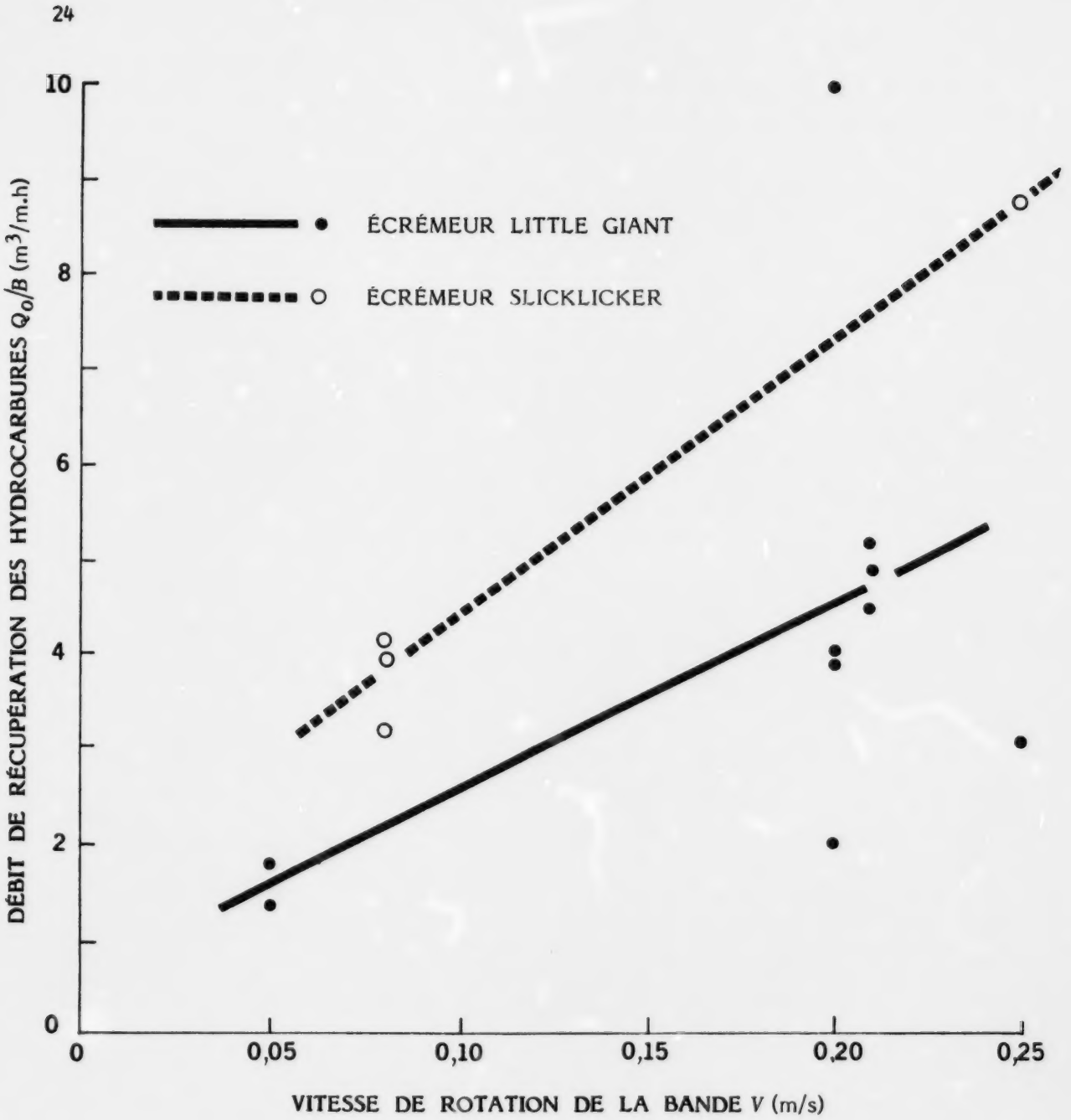


FIGURE 13 Débit de récupération des hydrocarbures par unité de largeur en fonction de la vitesse de rotation de la bande

Fonctionnement

Tous les organes mécaniques de l'appareil ont bien fonctionné, mais il faut dire que certaines modifications venaient juste d'être faites à la suite du passage de l'appareil au banc d'essai, une semaine auparavant.

L'appareil a été essayé avec et sans alimentation manuelle du rouleau inférieur. Dans le premier cas, la bande prélevait le bunker à la surface de l'eau lorsqu'il était en couche continue poussée sur la bande. Un certain blocage a été observé sur les bords de la bande, au point où les guides rabattaient le bunker vers le centre, ainsi que vers le câble de suspension de la rampe. Les raclettes ont été rajustées de façon à pousser le bunker de façon plus graduelle vers le centre de la rampe, ce qui a largement réduit l'effet de blocage. En fonctionnement non assisté, le bunker n'était pas prélevé de façon continue mais par paquets et le débit était intermittent. Le débit de récupération était très constant lorsque la bande tournait suffisamment lentement pour que le bunker ne se disloque pas. Bien que le débit de récupération soit beaucoup moins important dans ce mode d'opération que lorsque la bande est alimentée manuellement, l'économie de main-d'oeuvre ainsi réalisée en fait un choix attrayant.

Une fois déposé sur la bande, le bunker ne retombait presque jamais. Il est probable que le débit de récupération diminuerait dans des eaux plus chaudes, mais l'appareil devrait malgré tout récupérer les hydrocarbures visqueux de façon très satisfaisante.

Le système de raclettes et de goulottes à l'extrémité supérieure de l'appareil fonctionnait très bien. Le volume de bunker qui n'était pas ramassé par les raclettes était peu considérable si bien qu'il adhérait à la bande au retour et il n'y avait que très peu d'égouttement. La surface inférieure chauffée de la goulotte d'évacuation favorisait un écoulement rapide du bunker (voir figure 14).

D'après l'équipe d'essai, l'appareil testé était trop petit pour être d'utilisation pratique dans les opérations réelles de nettoyage.

2.5 LE SKIM-PAK

(Fabricant: Douglas Engineering, Concorde (Californie))

2.5.1 Principe de fonctionnement et caractéristiques

Cet appareil très simple pour la récupération des hydrocarbures fonctionne selon le principe du déversoir, comme le montre la figure 15. Une pompe aspirante ou une pompe à vide est branchée sur la tête d'écrémage pour récupérer les hydrocarbures. Une pompe Spate de 7,6 cm a été utilisée au cours des essais. L'appareil est composé de deux parties: une tête d'écrémage et un manche avec soupape de réglage. La figure 15 donne le schéma général du système.

La tête d'écrémage est un petit appareil (60 cm x 60 cm et 20 cm de haut) tandis que le manche a un diamètre de 3,8 cm (tube à paroi mince en aluminium). Le manche de l'appareil essayé mesurait 4 m, mais il peut être allongé facilement. La tête d'écrémage en fibre de verre est attachée au manche d'aluminium par un raccord Camlock.

Avant de commencer la récupération, il convient de noyer les compartiments de ballast en submergeant l'appareil. Ensuite, il y a deux éléments qui régissent le fonctionnement du Skim-Pak: la pompe aspirante externe et le robinet à papillon situé sur le manche. Ensemble ils régularisent le débit et, par voie de conséquence, la teneur en hydrocarbures et en eau. Contrairement au Destroil, cet appareil a un déversoir auto-ajustable non soumis à un contrôle direct. L'écrémeur peut être manoeuvré à la main par son manche ou relié à un tuyau souple pour une récupération non assistée. La figure 16 illustre les deux modes de fonctionnement. Comme l'appareil est très petit et très léger, il peut être facilement transporté par une seule personne. Avec ses surfaces lisses, l'appareil est très facile à nettoyer à la vapeur ou au solvant.

Goulotte d'évacuation
de l'écrémeur

Bande d'amenée
de l'écrémeur

FIGURE 14 Écrémeur SLICKLICKER

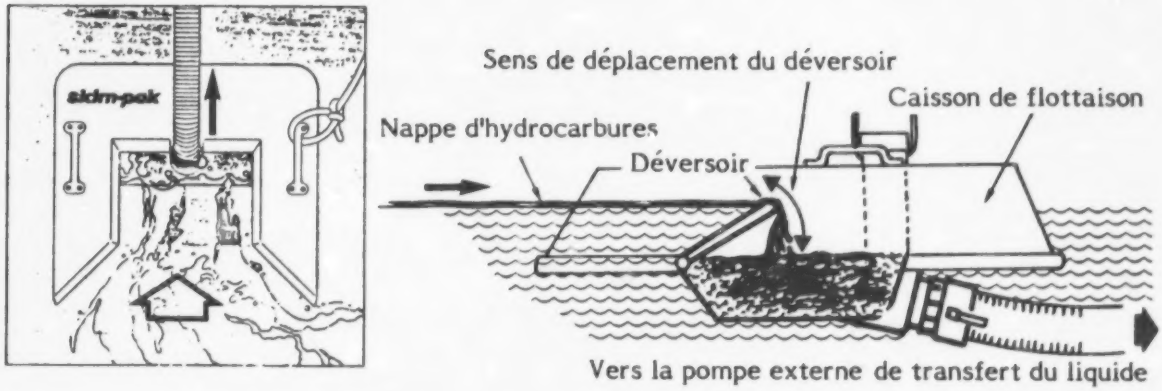


FIGURE 15 SKIM-PAK: Déversoir hydro-ajustable pour la récupération, avec pompe pour le transfert

2.5.2 Résultats des essais

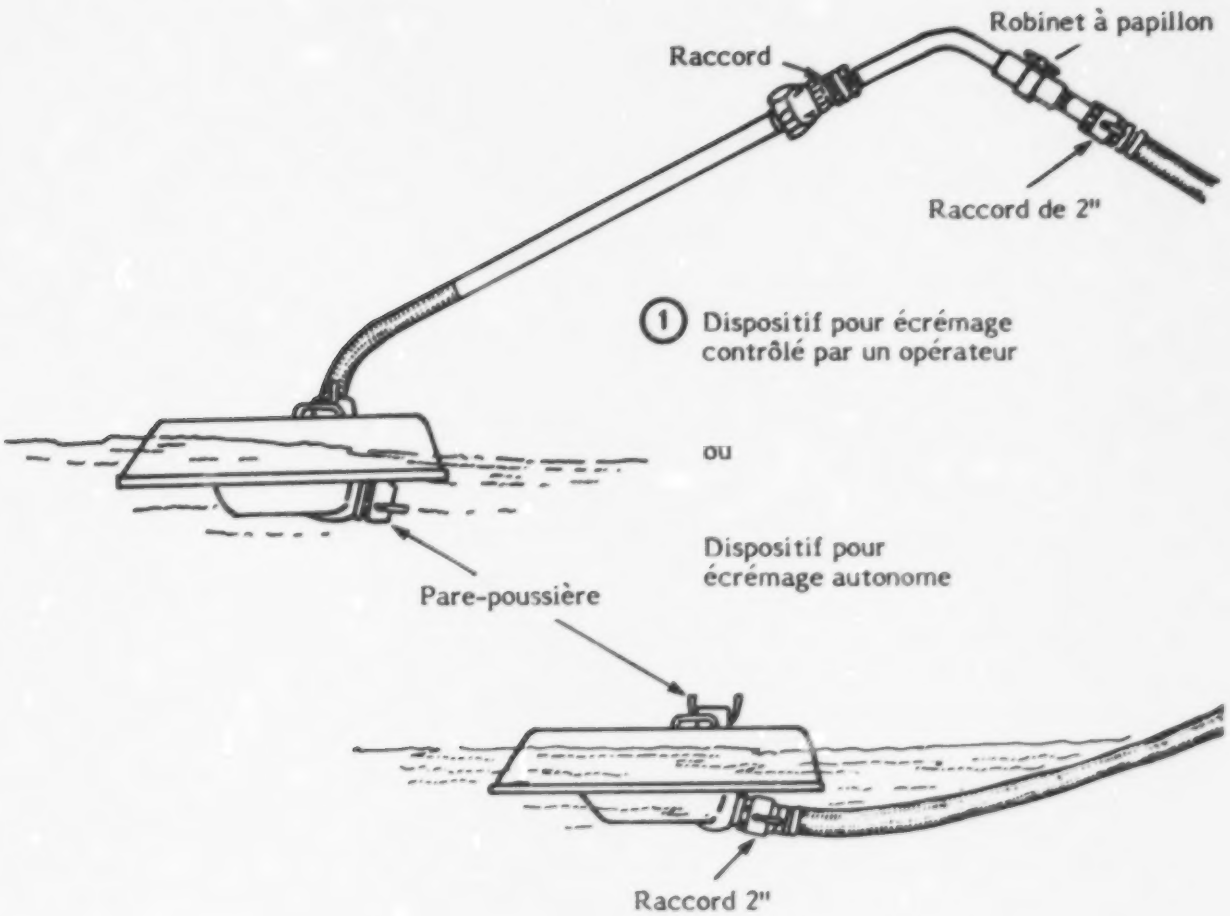
Les essais ont eu lieu sur une superficie de 18 m^2, délimitée par des barrages, dans le bassin de décantation de la raffinerie. Du brut vénézuélien a été répandu pour obtenir des nappes d'une épaisseur variant de 6 à 18 mm. L'épaisseur du film de brut et l'ouverture du robinet ont varié au cours des sept essais. La température de l'air variait de 0 à 2 °C et la température de l'eau était de 10 °C. Les résultats des essais figurent au tableau 4.

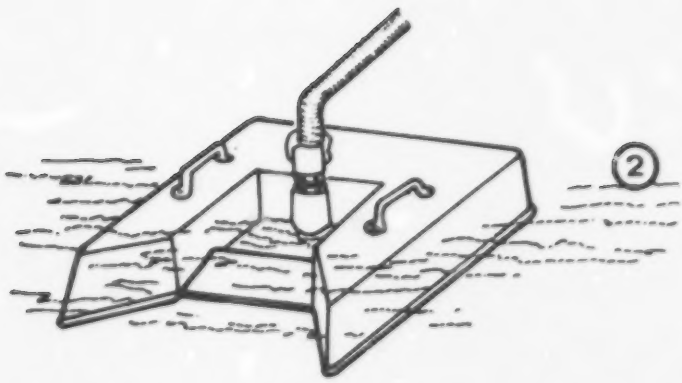
Les résultats indiquent une relation directe entre l'épaisseur de la nappe et la récupération réelle de brut, comme le montre la figure 17 pour chaque degré d'ouverture du robinet. Pour une même épaisseur, l'augmentation du débit de récupération du liquide Q_L entraîne une augmentation de la quantité réelle de brut récupéré. Cependant, la teneur en brut tombe de 40 p. 100 à 20 p. 100 lorsque l'ouverture du robinet passe de 1/4 à 1/2 ou plus, ou lorsque le rythme de pompage passe de 2 à 7 m^3/h. La figure 18 (a et b) représente ces résultats. La figure (b) est semblable à la figure (a) mais elle indique le débit réel de récupération du brut plutôt que le débit de récupération du liquide. Ainsi, d'après ces deux figures, la quantité de liquide traité doit être quadruplée si l'on veut que le débit réel de récupération de brut soit doublé. Lorsqu'il y a un grand bassin de décantation à proximité, la teneur en hydrocarbures n'est pas importante, mais lorsque la capacité de décantation est limitée, la capacité de stockage requise pour récupérer un volume "V" d'hydrocarbures déversés est de 5V plutôt que de 2,5V. C'est là un important facteur à considérer.

2.5.3 Analyse

Construction

Le Skim-Pak est un écrémeur aérodynamique léger, utilisé pour traiter de petits déversements d'hydrocarbures en eaux calmes. Sa "coque" en fibre de verre semble bien adaptée à l'utilisation prévue. Il est facile à nettoyer; la crépine est facile à enlever, et le manche d'aspiration fourni avec l'appareil est très pratique pour mettre la tête d'écrémage en place. Les raccords Camlock fixés au manche et à la tête d'écrémage étaient de dimensions différentes, ce qui a causé quelques inconvénients. Il est recommandé de normaliser la dimension des raccords.





IMPORTANT

Avant de commencer l'écrémage, pousser l'extrémité avant sous l'eau pour remplir les compartiments de ballast

FIGURE 16 Modes de fonctionnement du SKIM-PAK

TABLEAU 4 RÉSULTATS DES ESSAIS DU SKIM-PAK

Essai n°	Température		Épaisseur de la nappe	Ouverture de la soupape de l'écrémeur	Liquide récupéré	Récupération brute de pétrole	Teneur en eau	Récupération réelle de pétrole	Facteur de la teneur en pétrole	Durée de l'essai	Taux de récupération du liquide	Taux réel de récupération du pétrole
	t_a (°C)	t_w (°C)	b (mm)	(tour)	V_L (m^3)	V_G (m^3)	W (%)	V_o (m^3)	$O.C.F.$ (%)	T (s)	Q_L (m^3/h)	Q_o (m^3/h)
1	1	11	18	1	0,072	0,016	6	0,015	21	37	7,00	1,46
2	1	10	15	1/2	0,075	0,018	16	0,015	20	40	6,75	1,35
3	1	10	16	1/4	0,075	0,036	10	0,032	43	165	1,64	0,70
4	2	10	14	1/4	0,072	0,031	12	0,027	38	125	2,07	0,78
5	1	10	15	1/8	0,073	0,027	15	0,023	31	435	0,60	0,19
6	1	10	6	1/2	0,075	0,004	0	0,004	5	35	7,71	0,41
7	0	10	8	1/4	0,076	0,004	20	0,004	5	90	3,04	0,14

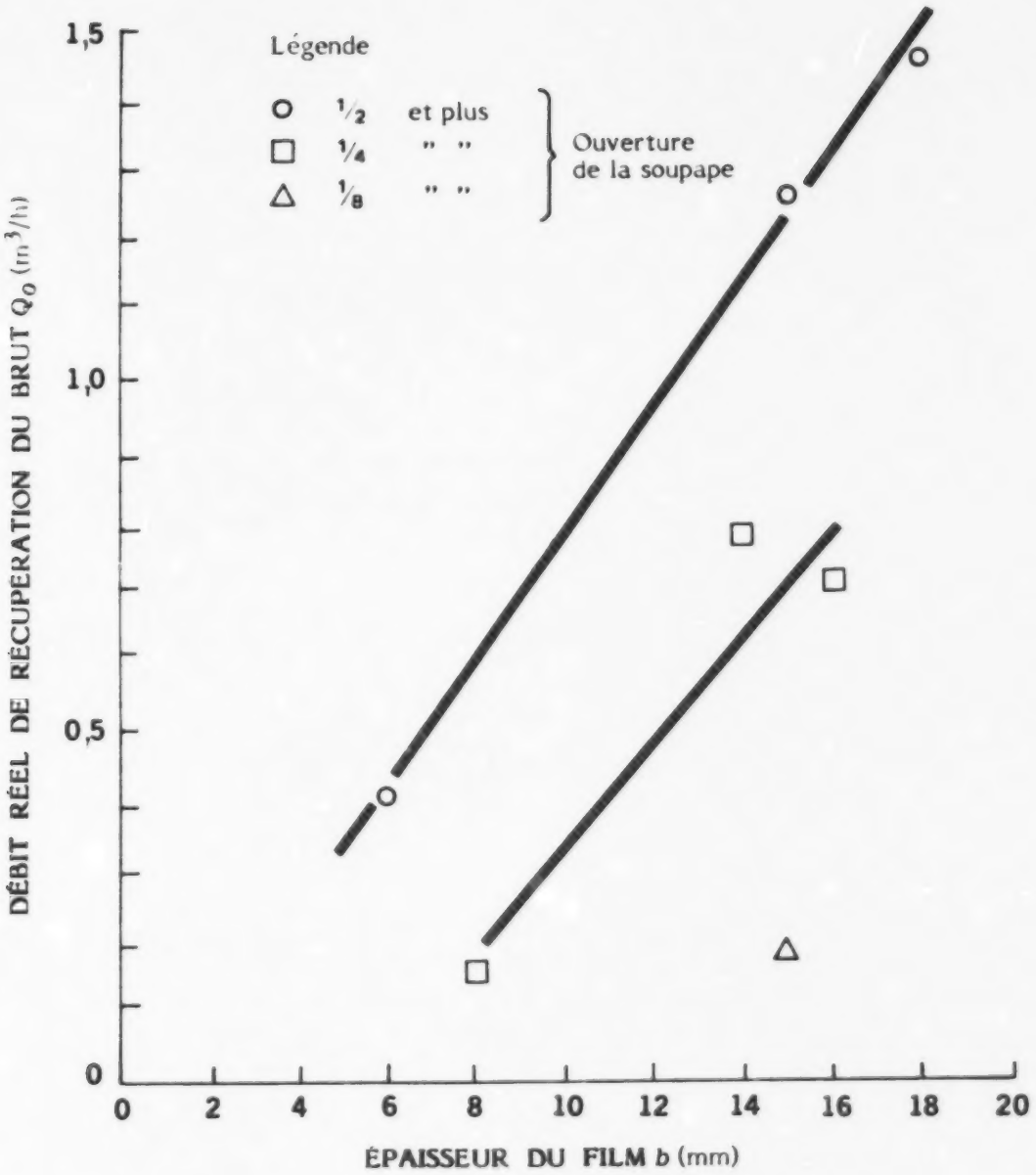


FIGURE 17 Taux réel de récupération du brut (Q_O) en fonction de l'épaisseur du film (b), pour le SKIM-PAK

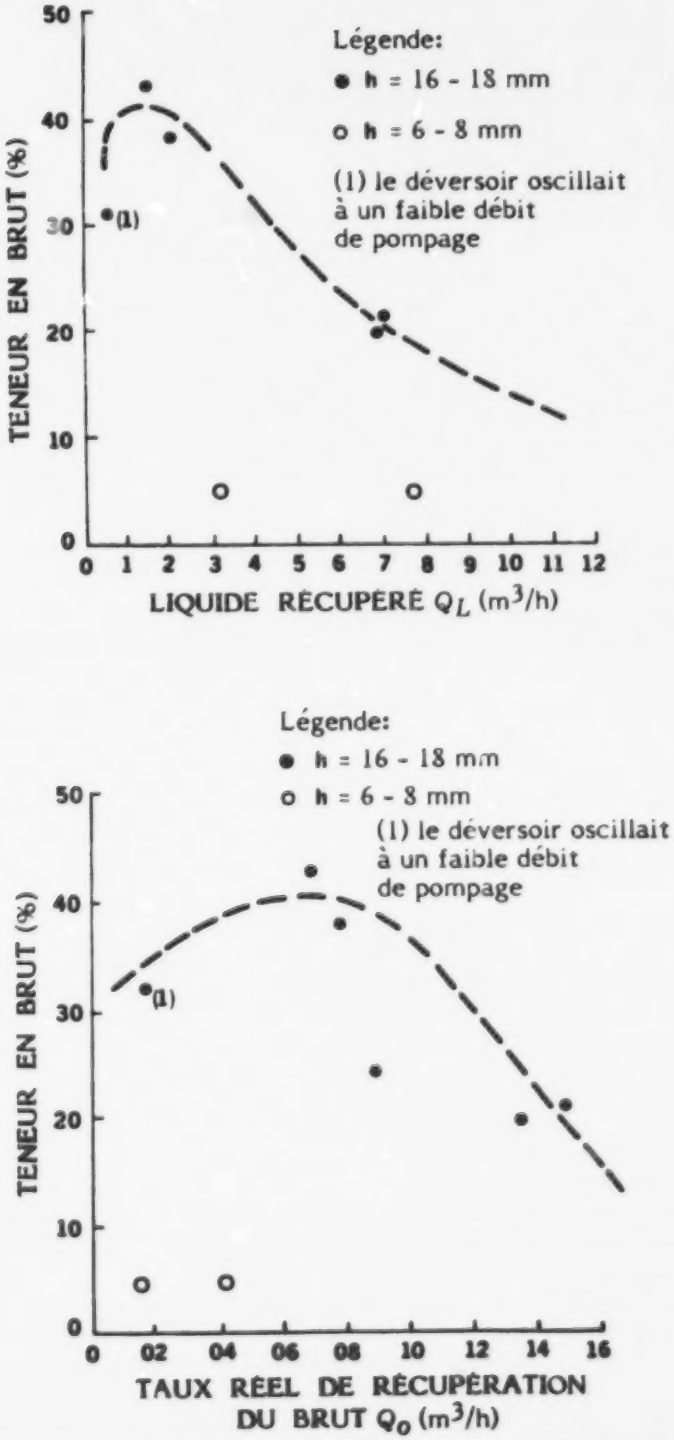


FIGURE 18 Courbes de la teneur en brut lors des essais du SKIM-PAK

Fonctionnement

L'appareil est simple d'emploi et n'a causé aucune difficulté. Il était raccordé à une pompe Spate et a récupéré divers volumes de brut à différentes épaisseurs comme l'indique le chapitre consacré aux résultats des essais.

Le robinet à papillon du manche s'est avéré un bon régulateur de débit et permettait un ajustement à vue selon le rythme de pénétration du brut dans la tête d'écrémage. En fonctionnement continu, l'afflux régulier du liquide dans le déversoir hydro-ajustable favorisait l'aspiration du pétrole brut se trouvant à une certaine distance de la tête d'écrémage. Le déversoir hydro-ajustable fonctionnait comme prévu et assurait le positionnement précis du déversoir en réglant l'aspiration.

La principale faiblesse de cet appareil est qu'il récupère les hydrocarbures par un déversoir et qu'il peut ainsi récupérer jusqu'à 95 p. 100 d'eau. Le fait que le déversoir soit auto-ajustable, une fois que le débit désiré a été établi par l'opérateur, constitue un réel avantage. À cet égard, l'appareil suit le modèle établi au cours d'essais précédents par l'écrémeur Oela (Solsberg et coll., 1977). Cependant, comme l'ont indiqué ces essais, le liquide récupéré par un écrémeur à déversoir a toujours une faible teneur en hydrocarbures, même dans les meilleures conditions normalement rencontrées sauf dans les rares cas de nappes très épaisses. La teneur en hydrocarbures dépend de l'épaisseur du film d'hydrocarbures ainsi que des hydrocarbures récupérés par unité de largeur du déversoir. À des valeurs élevées de Q_L/B, la teneur en hydrocarbures ne dépasse généralement pas 20 p. 100, même dans le cas des écrémeurs à déversoir hydro-ajustable.

En résumé, on peut prévoir que le Skim-Pak donnera des résultats optima dans des nappes confinées d'hydrocarbures légers, de plusieurs centimètres d'épaisseur. Dans ces conditions, le débit doit quand même être régularisé pour minimiser la teneur en eau. Cependant, s'il y a de gros réservoirs de stockage et des installations de séparation à proximité, l'aspiration peut être plus forte et l'appareil peut ainsi récupérer des nappes de pétrole assez importantes.

2.6 LE MORRIS MI-80

(Fabricant: Morris Industries Ltd., North Vancouver (C.-B.))

2.6.1 Principe de fonctionnement et caractéristiques

Le MI-80 est un appareil de récupération des hydrocarbures en deux temps, qui comprend des éléments de séparation des hydrocarbures et de l'eau et des éléments de récupération des hydrocarbures. Les hydrocarbures pénètrent d'abord dans un déversoir hydro-ajustable et sont ensuite récupérés par une double rangée de disques oléophiles. Ces systèmes sont montés dans l'entre-coque d'un catamaran autopropulsé. Un moteur diesel fournit la puissance nécessaire aux cinq systèmes hydrauliques: *1*) rotation des disques, *2*) deux hélices, *3*) mécanisme de direction, *4*) pompe à hydrocarbures et *5*) pompe à eau. La figure 19 illustre le principe de fonctionnement du MI-80.

Le MI-80 est fait d'un certain nombre de matériaux, mais les coques en fibre de verre et la superstructure en aluminium en constituent les principales parties.

Il mesure 5 m de longueur, 2,5 m de largeur et 1,5 m de hauteur (dimensions externes).

Les hydrocarbures passent entre les deux coques, dans le déversoir hydro-ajustable, pour pénétrer dans le compartiment central où ils sont récupérés par 80 disques oléophiles; les hydrocarbures sont alors raclés et dirigés dans un puisard pour ensuite être évacués par la pompe à hydrocarbures. La rotation des disques est assurée par deux moteurs hydrauliques, un pour chaque rangée de disques. La vitesse de rotation des disques est ajustable; les deux hélices sont contrôlées par une vanne électro-hydraulique à trois positions "marche avant-arrêt-marche arrière". La vitesse de rotation des hélices est

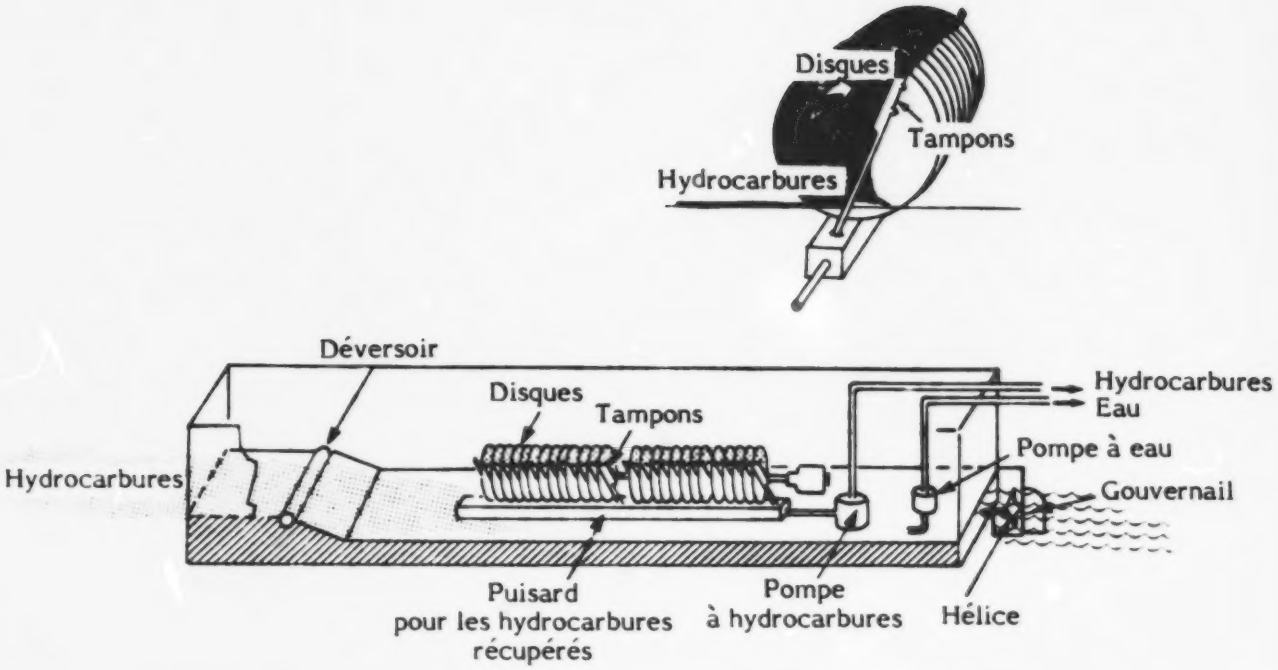


FIGURE 19 MORRIS MI-80: Écrémeur à déversoir hydro-ajustable et disques oléophiles pour la récupération, et pompe hydraulique pour le transfert

constante et les deux hélices ne peuvent être contrôlées indépendamment. Les deux gouvernails sont actionnés par un cylindre hydraulique à double action contrôlé par une électrovanne.

La pompe d'évacuation est également mue par un moteur hydraulique commandé par une électrovanne.

Une pompe à eau est nécessaire pour évacuer l'eau après la récupération des hydrocarbures et créer du même coup un courant continu qui amène, par le déversoir, les hydrocarbures à récupérer dans le compartiment central. Cette pompe est également mue par un moteur hydraulique.

Tous ces systèmes sont télécommandés à partir d'un tableau qui peut être fixé à la superstructure d'un bateau de servitude. Les hélices du catamaran sont conçues pour des manoeuvres limitées. Au cours des essais, la mise à l'eau et la sortie de l'eau de l'appareil ont été faites à l'aide d'un camion avec bras de chargement. Le transport à distance nécessite un camion ou une remorque à plate-forme ou encore, un wagon plat. La majeure partie de la surface externe de la coque est lisse et continue, ce qui facilite le nettoyage. Il y a cependant certains assemblages mécaniques compliqués et des surfaces rugueuses en fibre de verre, très difficiles à nettoyer par les moyens habituels. La figure 20 montre bien les caractéristiques de l'appareil.

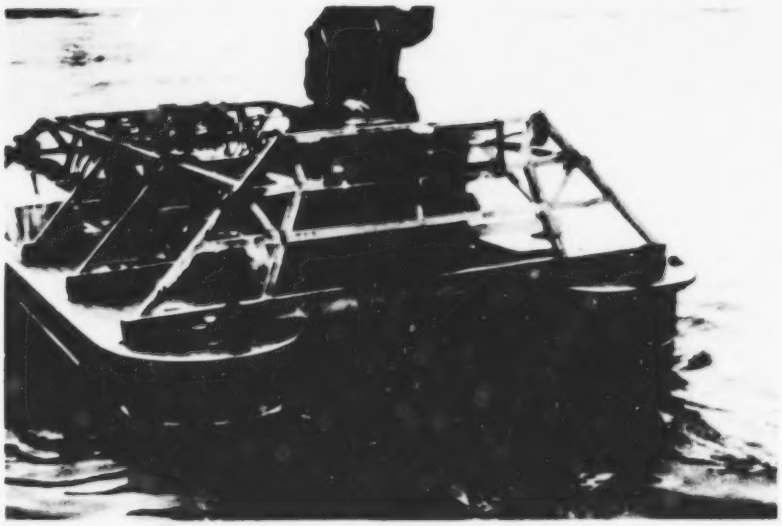


FIGURE 20 Écrémeur MORRIS MI-80

2.6.2 Résultats des essais

Une fois l'écrémeur mis à l'eau, quelqu'un doit contrôler le fonctionnement des hélices, des gouvernails, des disques, de la pompe à eau et de la pompe à hydrocarbures. Cet opérateur peut être soit sur le rivage (la distance étant limitée par la longueur du câble de commande), à bord de l'écrémeur ou à bord d'un bateau de servitude. Une fois le moteur principal de la pompe hydraulique mis en marche, l'écrémage commence sous l'action de la pompe à eau. Le courant d'eau attire la nappe d'hydrocarbures au-dessus du déversoir hydro-ajustable et les hydrocarbures forment une couche épaisse dans l'entre-coque. Il est préférable que les disques ne tournent que lorsque la couche d'hydrocarbures est suffisamment épaisse pour les immerger; cela permet de récupérer un liquide d'une très faible teneur en eau. Ainsi, idéalement, le rapport débit des hydrocarbures récupérés/quantité totale de liquide récupéré devrait être égal à la teneur en hydrocarbures du liquide qui franchit le déversoir hydro-ajustable. D'après les essais antérieurs, ce rapport devrait être de 5 à 40 p. 100 pour les nappes de pétrole brut ou de gas-oil d'une épaisseur variant de 1 à 18 mm (Purves et Abdelnour, 1978). Le débit de la pompe à eau doit donc être deux fois et demi à dix fois supérieur au débit de récupération des hydrocarbures. Au cours du programme d'évaluation du MI-80, il n'a pas toujours été possible de maintenir le pompage de l'eau au rythme voulu en raison de deux facteurs: premièrement, lorsque la température de l'air descendait sous 0 °C au cours de la nuit, la pompe gelait; deuxièmement, le moteur n'était pas assez puissant pour actionner à la fois les hélices, les disques, la pompe à hydrocarbures et la pompe à eau.

Les essais ont été faits dans le bassin de décantation de la raffinerie. Un barrage de 91 m a été déployé et 1 m^3 de pétrole brut a été déversé à l'intérieur de la zone confinée. Le pétrole s'est rassemblé à la base du U sous l'effet de vents d'une vitesse approximative de 10 noeuds. L'épaisseur de la nappe variait de 10 à 25 mm. L'appareil a connu de nombreux problèmes mécaniques et, vers la fin des essais, le déversoir hydro-ajustable devait être réglé à la main.

Les résultats sont présentés au tableau 5 où il apparaît clairement que le volume réel de pétrole récupéré par l'écrémeur diminuait de façon significative d'un essai à l'autre, premièrement à cause du manque de pénétration du pétrole dans l'écrémeur parce que le déversoir s'abaissait; et deuxièmement à cause des gaz d'échappement du moteur qui soufflaient sur le pétrole à la surface de l'eau et l'éloignait de l'écrémeur. En dépit de ces difficultés, les essais se sont poursuivis pour faire l'évaluation qualitative du fonctionnement de l'appareil; mais les résultats des essais quantitatifs sont évidemment très limités.

2.6.3 Analyse

Construction

Le Morris MI-80 est une adaptation du principe d'écrémage utilisé avec succès pour le MI-30, fabriqué par la même compagnie, et qui a déjà fait ses preuves. Malheureusement, les éléments utilisés pour supporter les disques oléophiles et leurs raclettes, sur l'appareil MI-80, ne conviennent pas.

Cet écrémeur est fondamentalement un assemblage de plusieurs systèmes, doté d'un ensemble relativement complexe mais peu raffiné de commandes électro-hydrauliques. Il comprend cinq systèmes hydrauliques, et lorsque les cinq systèmes fonctionnent, il est indispensable d'équilibrer très soigneusement les circuits hydrauliques afin de ne pas surcharger le moteur principal. Il n'y a aucun moteur de secours.

Ces systèmes ne semblent pas bien équilibrés; par exemple, la pompe à eau est relativement petite tandis que la pompe d'évacuation des hydrocarbures est très grosse. C'est l'inverse qui devrait exister.

Trois des circuits de commande, soit celui des hélices, de la pompe à eau et de la pompe d'évacuation des hydrocarbures sont contrôlés par des électro-vannes. Les dimensions de deux de ces systèmes (les hélices et la pompe à eau) ne requièrent qu'une commande marche/arrêt. Comme leur débit maximal est faible, tout réglage intermédiaire est superflu.

La partie centrale de l'embarcation est réglable et elle est fixée aux deux coques de support. Les changements de déplacement lors du chargement ou du déchargement influent grandement sur le tirant d'eau du bateau qui, à son tour, influe sur le débit d'admission dans le déversoir hydro-ajustable et ainsi sur la capacité de récupération. La coque centrale devrait pouvoir se soulever indépendamment des coques externes et avec un transfert minimal de poids. Cela serait possible si, par exemple, les hydrocarbures étaient évacués dans les coques au fur et à mesure qu'ils sont récupérés au lieu de les laisser s'accumuler dans la coque centrale.

Dans l'ensemble, l'appareil est mécaniquement complexe et les systèmes ne sont pas bien équilibrés. Il est donc peu pratique pour les utilisations en mer. Les systèmes de flottaison doivent également être repensés.

Avant les essais, le fabricant nous a bien expliqué que cet appareil était un prototype fondé sur le concept de disques oléophiles en rangées, montés sur un écrémeur manoeuvrable, avec un déversoir hydro-ajustable pour amener les hydrocarbures sur les disques. Environnement Canada a commandité ces études en raison des succès antérieurs enregistrés par les écrémeurs de qualité fabriqués par cette compagnie. Le principe de récupération des hydrocarbures utilisé dans la série des écrémeurs Morris a été jugé fort efficace (Abdelnour et coll., 1978; 1979). Les diverses remarques précédentes devraient faciliter la conception d'un écrémeur au point.

Il reste à savoir si un petit écrémeur autonome et autopropulsé est un appareil utile et pratique. La mise au point de l'écrémeur MI-80 a été encouragée dans l'espoir d'obtenir un appareil de récupération des hydrocarbures très souple, pouvant être mis à

TABLEAU 5 RÉSULTAT DES ESSAIS DE L'ÉCRÊMEUR MORRIS–80 (le déversoir hydro-ajustable et la pompe à eau ne fonctionnaient pas)

Essai nº	Liquide récupéré V_L (m^3)	Volume brut de pétrole récupéré V_G (m^3)	Teneur en eau W (%)	Volume réel de pétrole récupéré V_o (m^3)	Durée de l'essai T (s)	tpm des disques L (mn^{-1})	Taux de récupération du liquide Q_L (m^3/h)	Taux réel de récupération du pétrole Q_o (m^3/h)
1	0,013	0,001	14	0,001	-	50	-	-
2	0,200	0,140	14	0,120	225	20	3,20	1,92
3	0,057	0,048	14	0,043	190	20	2,28	1,65
4	0,077	0,019	20	0,015	145	34	1,91	0,38
5	0,085	0,016	20	0,013	145	26	2,11	0,32
6	0,124	0,023	60	0,009	265	26	1,68	0,12

La température des hydrocarbures et de l'air était de 11 °C - - - Les tpm des disques était la moyenne mesurée; les disques sur tribord tournaient 20 p. 100 plus vite que ceux à bâbord - - - L'épaisseur du film de pétrole variait entre 10 et 25 mm à la base du U formé par le barrage où 1 m^3 de pétrole avait été déversé.

l'eau et retiré de l'eau rapidement à partir d'un dock ou d'un bateau de servitude, pour manoeuvrer à l'intérieur d'une nappe confinée. Un écrémeur mobile beaucoup plus gros n'offre pas la même souplesse de déploiement, particulièrement lorsque la mer se démonte subitement au cours d'une opération de nettoyage. Les petits écrémeurs statiques moins coûteux et moins complexes peuvent aussi être envisagés. Les essais de St-Jean ont confirmé au personnel chargé des essais que la récupération mécanique ou physique des hydrocarbures n'est possible qu'en mer relativement calme, quelle que soit la dimension de l'écrémeur. L'essai du MI-80 a permis de cerner un grand nombre des points à considérer dans la mise au point d'un petit appareil autopropulsé pour la récupération des hydrocarbures.

Lorsqu'il n'y a aucun réservoir de stockage à bord, un écrémeur doit être relié au bateau de servitude par un cordon ombilical, ce qui le rend moins manoeuvrable. Lorsque la manoeuvrabilité d'un écrémeur est faible, son poids, les appareils complexes et les frais supplémentaires pour le rendre semi-manoeuvrable ne sont probablement pas justifiés. Les petits écrémeurs sont presque toujours utilisés à partir d'un poste fixe quelconque (en mer ou à terre). Le déploiement adéquat du barrage de retenue devrait permettre une récupération optimale des hydrocarbures par un écrémeur statique placé dans cette zone confinée et ce dans toutes les conditions possibles.

L'appareil MI-80 manquait de force motrice pour être très manoeuvrable. Étant donné que les deux hélices fonctionnaient sur un même circuit, elles n'offraient pas les caractéristiques de manoeuvrabilité normales de tout mécanisme à hélices jumelées. Les gouvernails ne permettaient pas de mettre le bateau au vent lorsque la vitesse de ce dernier dépassait 10 noeuds.

Il a été impossible de placer l'appareil pour que le déversoir hydro-ajustable et les tuyaux d'arrivée au puisard de récupération fonctionnent en harmonie. Lorsque le puisard central était suffisamment submergé pour permettre à l'eau de pénétrer dans le déversoir, les tuyaux de récupération étaient noyés. Lorsque ces tuyaux et les disques oléophiles se trouvaient à un niveau adéquat, le déversoir hydro-ajustable devait être abaissé manuellement pour permettre l'admission de l'eau et du pétrole, même lorsque la pompe à eau fonctionnait à plein régime.

Les données d'essai qui apparaissent au chapitre des résultats ont été obtenues en manoeuvrant l'appareil le mieux possible dans le pétrole, en retenant le pétrole récupéré à bord dans la section centrale, et en l'évacuant ensuite pour mesurer à terre la quantité récupérée. Lorsque l'évacuation continue a été tentée, l'appareil est devenu tout simplement incontrôlable avec son cordon ombilical de 10 cm de diamètre traînant à l'arrière.

Les disques oléophiles ont aussi bien fonctionné qu'au cours des programmes d'essai précédents. La pompe d'évacuation des hydrocarbures (une pompe volumétrique Granco) a bien fonctionné une fois dégelée.

La tenue en mer de l'appareil a été évaluée dans le port de St-Jean et les résultats ont été décevants. Lorsque le produit à récupérer noyait le puisard central, l'embarcation s'enfonçait et la cloison arrière de la section centrale empêchait l'écoulement de l'eau. A une vitesse de 2 noeuds, l'appareil s'enfonçait tellement dans l'eau qu'il ne lui restait plus que 5 cm environ de franc-bord. On n'a pas jugé prudent de le remorquer plus vite.

Il suffirait d'apporter quelques améliorations pour éliminer certaines des difficultés observées au cours des essais.

Moteur

1. Les dispositifs de réchauffage ne sont pas suffisants pour un climat froid. Un réchauffeur d'air n'est normalement pas suffisant; un dispositif de chauffage du

carter à l'huile, du bloc moteur ou un dispositif d'injection d'éther serait plus approprié pour des appareils appelés à fonctionner à des températures inférieures à 0 °C.

2. Le bras du régulateur de vitesse doit être modifié de façon à éliminer les charges latérales sur le piston à solénoïde. Quelques petites difficultés ont été causées par le grippage du piston.

3. Le moteur devrait être muni d'un capot antibruit.

4. Les tuyaux d'échappement sont mal placés et très dangereux. Plusieurs brûlures ont été évitées de justesse par les membres de l'équipage lorsqu'ils avaient à se déplacer sur l'appareil pour en régler le fonctionnement.

5. Le moteur devrait être plus gros. La puissance est à peine suffisante pour actionner les cinq systèmes qu'il dessert.

6. Les conduites d'essence devraient être plus robustes: l'une d'elles a dû être réparée parce qu'elle a touché une conduite de retour d'huile chaude.

7. Le tuyau de remplissage du réservoir d'essence est mal placé, il est donc difficile de faire le plein sans renverser d'essence. Il devrait y avoir un indicateur de niveau ou une jauge sur le réservoir.

Construction

1. Le capot du ventilateur du moteur envoie le jet d'air sur l'eau, devant l'appareil, empêchant à certains moments la pénétration des hydrocarbures dans le déversoir. Le capot doit donc être modifié de façon à diriger l'air vers le haut.

2. Le couvercle improvisé pour la planchette à bornes arrière ne couvrait pas celle-ci, lors des essais, et était donc loin d'être étanche.

3. Les tuyaux d'évacuation des pompes à hydrocarbures et à eau étaient en plastique souple et se nouaient, entravant ainsi l'écoulement du liquide au cours du pompage. Ces tuyaux devraient être en plastique rigide ou en métal.

4. Les systèmes de rinçage à l'eau n'étaient pas équipés de drains d'eau froide et n'ont, par conséquent, pas été utilisés.

5. Le pont des coques du catamaran s'imprégnait de pétrole et n'était pas revêtu d'une surface antidérapante ni équipé d'un bastingage pour empêcher le personnel de tomber à l'eau, ce qui a failli se produire à plusieurs reprises quand le personnel devait se déplacer sur la surface de bois lisse.

6. Les gaines de plastique des prises de main sur le pont sont trop fragiles; trois d'entre elles ont été accidentellement arrachées au cours des essais.

7. Les disques devraient être protégés par une grille ou une claire-voie pour éviter que le personnel ne marche dessus en se déplaçant.

8. Les barres de direction heurtaient le flanc supérieur des coques latérales lorsque la partie centrale était relevée. Bien qu'en général l'embarcation ne se déplace pas avec la coque centrale soulevée, il y aurait lieu de limiter le déplacement de la barre de direction ou la hauteur de soulèvement de la section centrale.

9. Il n'y avait aucun tuyau de purge dans les carters de la pompe à eau et de la pompe à produit et ils ont donc gelé. L'un des carters a dégelé au cours de la nuit dans l'eau tiède du bassin de décantation. Il a fallu dégeler l'autre à l'aide de vapeur.

10. L'entrée des conduites des hélices devrait être munie d'une grille pour arrêter les débris. Des débris étaient coincés dans une hélice quand l'appareil est arrivé à la base de la Garde côtière et ce qui a occasionné certaines difficultés lors des essais dans le bassin de Holyrood à cause des cordes et des tuyaux qui s'enroulaient autour des hélices.

Systèmes de commande

1. Les hélices devraient être mues indépendamment pour assurer la manoeuvrabilité du navire par deux hélices actionnées en sens inverse. Les hélices devraient être plus grandes pour avoir plus de force de propulsion.

2. L'ensemble de direction devrait avoir un indicateur d'angle du gouvernail plus visible. L'opérateur ne pouvait pas voir l'angle du gouvernail sans se pencher par-dessus bord.

3. La partie centrale était très peu commode à soulever et à abaisser. Les vis servant à ces opérations et situées à l'avant se trouvaient trop près d'une membrure pour permettre l'utilisation d'une clé à rochet pour les ajuster.

Circuits hydrauliques

1. L'agencement des solénoïdes, des robinets et valves était trop compact et peu commode.

2. Les moteurs assurant la rotation des disques étaient montés en série, ce qui rendait le réglage de la vitesse de rotation des disques difficile, à la plupart des vitesses, à cause d'une fuite dans le conduit de dérivation du premier moteur à transmission hydraulique.

3. Un circuit hydraulique non doseur semble suffisant pour l'usage prévu. Les commandes de l'appareil à l'essai étaient trop complexes.

4. Les circuits de refroidissement de l'huile des circuits hydrauliques devraient avoir une plus grande capacité de transfert de chaleur. Sans une surveillance étroite, l'huile pourrait surchauffer très rapidement au cours d'un essai en atelier. Le même problème pourrait se produire au cours d'une utilisation prolongée, bien qu'aucun essai n'ait réellement permis de déterminer les limites de refroidissement de l'huile hydraulique.

1. Le déversoir hydro-ajustable à l'entrée de la partie centrale s'est révélé relativement inefficace. Il semblait situé trop près du niveau des tuyaux de récupération. Il a été très difficile de régler l'appareil de façon à faire fonctionner à la fois le déversoir et les tuyaux de récupération.

2. La pompe à eau a semblé faciliter assez peu l'entrée du pétrole dans l'appareil.

2.7 ÉCRÉMEUR ARCTIQUE

(Fabricant: Versatech Products Incorporated, North Vancouver, C.-B.)

2.7.1 Principe de fonctionnement et caractéristiques

Cet appareil récupère les hydrocarbures à l'aide d'une bande sans fin oléophile inclinée. Les hydrocarbures sont récupérés par une bande essoreuse et tombent dans une goulotte d'où ils sont évacués par une pompe intégrée. L'ensemble est monté sur un catamaran en aluminium équipé d'un moteur diesel qui actionne la pompe hydraulique et les autres dispositifs de l'appareil. Bien qu'il ne soit pas autopropulsé, cet appareil peut être remorqué dans l'eau à des vitesses supérieures à 3 noeuds (voir figure 21). Voici les dimensions hors-tout de l'appareil: longueur - 7,62 m; largeur - 2,80 m; hauteur - 2,59 m.

2.7.2 Caractéristiques physiques

Ce bateau est fait de deux coques en aluminium; la superstructure et l'équipement de récupération des hydrocarbures sont également en aluminium. Un flotteur de stabilisation rempli de mousse est fixé de chaque côté. Les systèmes moteurs et hydrauliques occupent le reste de l'embarcation. La bande de récupération est faite d'un mélange de polyester très résistant et, pour assurer une meilleure absorption, elle est conçue pour fonctionner à une vitesse relative nulle par rapport à l'écoulement des hydrocarbures.

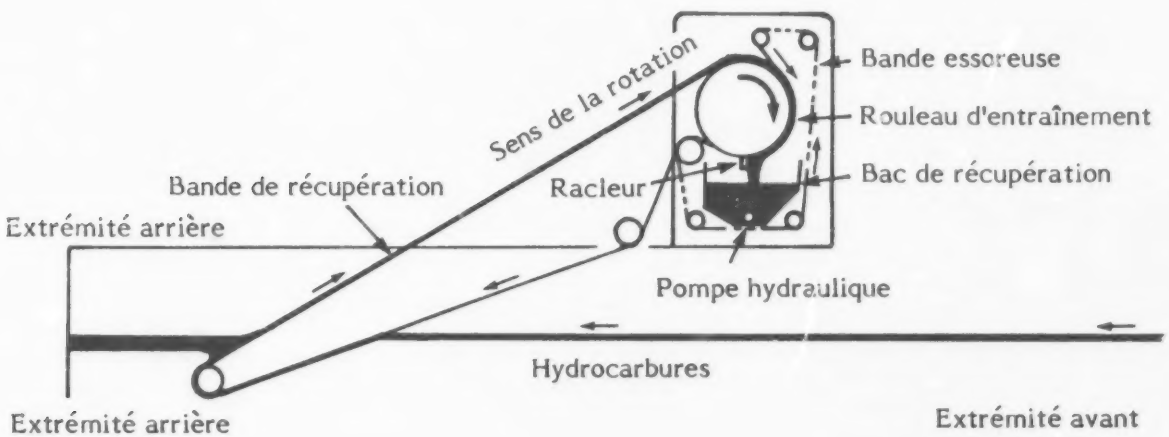


FIGURE 21 Écrémeur Arctique: Système à deux bandes avec pompe

La bande est actionnée par un système d'entraînement hydraulique mû par un moteur diesel, intégré. Une pompe Moyno de 15 cm intégrée, actionnée hydrauliquement, ayant un débit maximal de 30 m^3/h, permet d'évacuer les hydrocarbures récupérés dans n'importe quel espace d'emmagasinage à disposition.

L'écrémeur est équipé de deux jets d'eau pour faciliter l'accumulation des hydrocarbures dans l'entre-coque. C'est un système semblable à celui qui est utilisé couramment au bassin d'essai américain OHMSETT du New Jersey. La pompe actionnant les jets d'eau est entraînée hydrauliquement par le système moteur diesel à bord.

Le débit de l'eau et des hydrocarbures peut être contrôlé à l'aide d'un clapet à lamelles ajustables en fonction de la vitesse relative de l'écrémeur et des hydrocarbures et en fonction de l'épaisseur du film d'hydrocarbures. Les débris sont arrêtés par une grille placée à l'avant de l'écrémeur. Une séparation initiale peut être faite en ajustant à la main le déversoir ou la rampe. La séparation finale est faite par la bande oléophile.

Le transport terrestre nécessite une grosse remorque, un gros camion plate-forme ou un wagon plat. Vu les grandes dimensions de cet appareil, un permis de véhicule hors dimensions est nécessaire pour le transport routier.

Les surfaces lisses et continues, tout comme la disposition des éléments de récupération des hydrocarbures au centre de l'appareil, facilitent le nettoyage.

2.7.3 Résultats des essais

Il était prévu d'évaluer quantitativement l'écrémeur en mer, au large de St-Jean, mais étant donné les pertes d'hydrocarbures au-delà des barrages de retenue et les difficultés logistiques relatives à l'enregistrement des données quantitatives en mer, les observations ont principalement porté sur les caractéristiques de fonctionnement de l'appareil. La capacité de récupération des hydrocarbures par l'écrémeur a été évaluée quantitativement au OHMSETT.

Cet écrémeur est assez gros pour avoir une force motrice et une capacité réelle d'écrémage et d'évacuation qui permettent de l'utiliser dans des interventions au large. Il est en même temps assez petit pour être transportable, bien que la vitesse de remorquage maximale se situe à environ 3 noeuds. La rampe d'étrave doit être relevée au maximum pour atteindre cette vitesse.

L'appareil a connu certaines difficultés avec le système d'activation par jets d'eau en raison d'une défaillance de l'un des éléments mais, autrement, son fonctionnement a été entièrement satisfaisant du point de vue mécanique. Un moteur auxiliaire optionnel à commandes hydrauliques n'a pas été essayé. Le système moteur était très satisfaisant et suffisant.

Les flotteurs de stabilisation étaient très malcommodes à fixer mais donnaient un très bon rendement une fois l'écrémeur à flot. Ils amélioraient incontestablement la stabilité de l'appareil, mais offraient une certaine résistance à la traction au cours du remorquage (voir figure 22).

Cet appareil et le Destroil sont les seuls des écrémeurs essayés qui peuvent raisonnablement être considérés utiles pour des interventions autres que portuaires. Même dans la zone littorale, l'écrémeur Arctic tanguait suffisamment pour créer une zone turbulente juste devant l'orifice d'admission des hydrocarbures. En eaux calmes, le concept porte avant/déversoir donnait de bons résultats. En présence de vagues cependant, l'opérateur ferait mieux de laisser l'ouverture avant abaissée au cours de l'écrémage.

L'écrémeur est bien construit et possède une force motrice suffisante. Au cours de l'essai, les commandes étaient faciles à actionner; de plus, il était équipé de tous les indicateurs nécessaires. Le seul élément qui demanderait certaines modifications est le système de barrage à jets d'eau. Les systèmes essayés étaient des prototypes et ils ont été

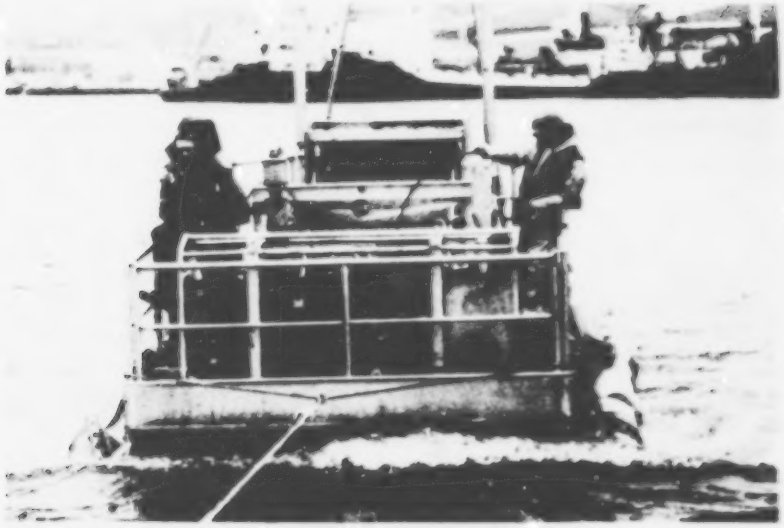


FIGURE 22 L'écrémeur Arctique

traités en tant que tels. Un meilleur contrôle du niveau et de l'orientation est nécessaire, et une unité de barrage plus courte serait préférable pour autant qu'elle permette d'obtenir une zone de retenue satisfaisante.

Cet appareil se remorque comme une barge à proue arrondie. Les bittes d'amarrage fixées à la proue, au niveau du pont, entraînent l'avant de l'embarcation vers le bas. Un câble de remorquage fixé au niveau de la ligne de flottaison ou légèrement au-dessous assurerait plus de stabilité à l'appareil pendant le remorquage.

Le personnel d'évaluation a eu certaines difficultés à attacher les barrages de retenue à l'appareil par grand vent. En cas d'intervention, une longueur de barrage devrait être laissée attachée de part et d'autre de l'embarcation et empilée sur le pont pour que, sur les lieux du déversement, les raccords puissent se faire entre deux membres de barrage souples plutôt qu'entre un membre de barrage souple et l'écrémeur relativement massif et immobile.

Il serait bon de pourvoir le système moteur principal d'un capot pour étouffer le bruit, mais les systèmes hydrauliques et leurs commandes ont été bien conçus et assurent un contrôle très satisfaisant de l'appareil.

Le caractère portatif du système moteur est un concept particulièrement digne de mention. Il permet la commande à distance de l'écrémeur à partir d'un bateau de servitude. La mise au point du système moteur comme élément indépendant visait avant tout à réduire le poids de l'écrémeur afin de le rendre plus manoeuvrable et pour qu'on puisse l'employer en plus d'occasions, ce qui est le cas.

2.8 COMPARAISON DES ÉCRÉMEURS, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La variété des écrémeurs essayés dans le cadre de ce programme d'évaluation, à savoir les gros appareils d'intervention au large, les appareils montés sur le pont d'une embarcation ou sur le rivage, et les petits appareils de nettoyage portuaire, ainsi que la diversité des hydrocarbures à récupérer et les conditions climatiques changeantes, empêchent toute comparaison équitable. Néanmoins, le tableau 6 donne une évaluation générale de chaque écrémeur selon les applications visées. D'après ce tableau et les observations faites au cours des essais, voici les principes directeurs proposés:

1. Le Little Giant doit être installé sur une surface solide. Son utilisation à partir du pont d'une embarcation est possible mais présente certains dangers et la récupération est lente. Cet appareil fonctionne de façon optimale à partir du rivage, en présence d'hydrocarbures très visqueux. Au stade de développement actuel, le Little Giant ne peut pas être considéré efficace; cependant, les travaux de recherche se poursuivent et le concept semble prometteur.

2. Le Destroil exige une certaine superficie de pont ou de rivage pour l'installation du système moteur et du dévidoir à tuyau. Cet appareil fonctionne bien dans la plupart des applications en présence de pétrole brut, en mer calme. Il n'est pas efficace en présence d'une couche flottante de bunker très visqueux, mais il peut récupérer les hydrocarbures lourds à une température supérieure à leur point d'écoulement. Le débit de récupération des hydrocarbures est limité au débit de récupération des écrémeurs à déversoir simple; il convient également lorsque des débris se trouvent parmi les hydrocarbures.

3. Le Skim-Pak ne devrait être employé que pour le nettoyage de déversements relativement peu importants dans les ports et autres petits plans d'eau. La

TABLEAU 6 CLASSEMENT DES ÉCRÉMEURS ÉVALUÉS*

Caractéristiques évaluées	Little Giant	Destroil	Skim-Pak	Morris MI-80	Écrémeurs arctique Versatech	Slicklicker
1. Stabilité de l'écrémeur	N/A	4	4	4	4	N/A
2. Elément de récupération des hydrocarbures	2	3	3	4	5	5
3. Système hydraulique	5	5	N/A	1	5	5
4. Propulsion	N/A	N/A	N/A	1	N/A	N/A
5. Facilité d'entretien et de réparation	4	4	5	2	4	4
6. Facilité de réglage	2	4	5	2	4	5
7. Systèmes moteurs/commandes	N/A	5	N/A	1	4	4
8. Aspects sécuritaires de l'appareil	3	4	5	2	4	3
9. Prises de main	N/A	2	5	N/A	N/A	N/A
10. Points de levage	4	5	5	4	5	5
11. Points d'amarrage	2	3	5	5	4	4
12. Robustesse générale	4	5	4	2	5	4
13. Profil hydrodynamique	N/A	4	4	1	3	N/A
14. Facilité de nettoyage	2	4	5	2	3	2

* Etant donné les différences entre les types d'écrémeurs mis à l'essai, les différences des conditions météorologiques d'un essai à l'autre, ainsi que les différences d'hydrocarbures utilisés, il est impossible de comparer raisonnablement un écrémeur par rapport à un autre. Nos évaluations découlent des conditions dans lesquelles les essais ont été faits.

Remarque 1 = Faible
5 = Excellent
N/A = non applicable

récupération des hydrocarbures est limitée à des matières de faible viscosité et le débit de récupération est comparable à celui des autres appareils à déversoir hydro-ajustable. Il peut être très utile dans les endroits d'accès difficile. Avec cet appareil, le pompage accéléré est possible dans des nappes épaisses d'hydrocarbures et lorsqu'il existe des installations de séparation des hydrocarbures et de l'eau à proximité.

4. L'écrémeur Morris MI-80 est la preuve de la difficulté d'application du principe éprouvé des disques adsorbants à un appareil de récupération dynamique des hydrocarbures. Les multiples fonctions et systèmes hydrauliques nécessitent de plus amples recherches et certaines améliorations pour rendre cet appareil pratique.

5. L'écrémeur arctique Versatech fonctionne bien en mer calme, en présence de pétrole brut, et l'ensemble des commandes optionnelles semble bien adapté à l'utilisation prévue.

6. Comme le Little Giant, le Slicklicker exige une plate-forme de travail solide. La bande de cet appareil est très efficace pour le traitement du bunker et des matières solides, le facteur de récupération des hydrocarbures est élevé et la teneur en eau, faible. Le Slicklicker a subi des essais répétés en présence de bunker et de matières solides, et on l'utilise couramment avec succès au Canada. Les modifications récemment apportées à cet appareil par Eastern Marine Services Ltd. ont apparemment amélioré son débit de récupération. L'appareil actuel est conçu pour être installé sur le rivage, mais le même principe pourrait être mis en application sur un gros bateau pour des interventions au large.

3 Essais des barrages

3.1 INTRODUCTION

L'essai des barrages de retenue s'est fait à deux endroits. Les évaluations en mer des six barrages ont été faites aux environs de St-Jean, tandis que les essais en bassin du barrage Zooom de Versatech ont été effectués à Leonardo, New Jersey. Les méthodes d'essai utilisées dans les deux cas sont détaillées ci-dessous.

Étant donné la grande similitude du barrage Zooom et du barrage AMOP (Programme sur les déversements d'hydrocarbures en milieu marin arctique), une seule analyse des résultats des essais a été faite pour ces deux barrages (voir section 3.4). Les différences entre ces deux barrages sont exposées dans la description de chacun des produits.

3.2 MÉTHODOLOGIE

La méthode d'essai utilisée à St-Jean était identique pour tous les barrages, sauf en ce qui a trait aux changements mécaniques nécessaires pour le déploiement et la récupération des barrages. Le barrage mis à l'essai était déballé et ensuite déployé du quai de la Garde côtière ou à partir du navire *Makkovik* de la Garde côtière canadienne. Le barrage était alors remorqué par le *Makkovik* jusqu'à la zone d'essai et la résistance au remorquage était mesurée à l'aide d'un dynamomètre installé sur le câble de remorquage.

Une fois arrivé sur les lieux d'essai, le barrage était déployé en U par deux bateaux ou, dans le cas des barrages qui avaient déjà été attachés à des bouées, l'extrémité libre était prise par un bateau et ce barrage était ensuite remorqué ou maintenu en forme de U pendant que deux mesures de la force de traction étaient prises. La largeur de l'embouchure du U était ensuite modifiée et mesurée à l'aide d'un télémètre. Il a été établi dès le début du programme d'essai que le sens du remorquage par rapport au vent et aux vagues n'influençait guère le déploiement de force imposé aux câbles de remorquage. Dès lors, tous les remorquages en U ont été effectués face au vent et à la houle, comme pour un déversement réel.

Afin de mesurer la capacité de retenue du barrage, un baril de pétrole était déversé du *Makkovik* dans les limites de retenue du barrage. L'interaction hydrocarbures/barrage était observée à partir d'une petite embarcation située à la base du U formé par le barrage, et le temps nécessaire pour que tout le pétrole s'échappe était chronométré.

Les barrages dont la résistance devait être évaluée étaient étirés à partir de bouées d'amarrage. Lorsqu'il fallait rentrer un barrage, celui-ci était remorqué et récupéré dans le port intérieur par l'un des divers moyens décrits plus loin. Toutes les récupérations de barrages ont été faites du rivage; aucune récupération n'a été tentée en mer en raison du manque d'espace sur les bateaux de servitude. Pendant l'opération de récupération, on vérifiait l'état du barrage, puis il était dégonflé et délesté, au besoin, de l'eau qu'il contenait, et transporté ensuite par camion jusqu'à la base de la Garde côtière pour y être nettoyé et remisé.

La flottille d'essai habituelle se composait de deux baleinières de type Boston, équipées de deux hors-bords jumelés de 85 hp, et du patrouilleur *Makkovik* de 20 mètres de la Garde côtière. Le *Makkovik* servait de poste de commande et aussi de poste d'observation pour les visiteurs. Les mesures dynamométriques des gros efforts ont toujours été faites sur le *Makkovik*. Les mesures des faibles efforts étaient prises sur les baleinières, mais les données étaient moins précises en raison de la variabilité de l'effort due au mouvement rapide des vagues. Le module de déploiement du barrage AMOP était remorqué par le *Makkovik*.

L'essai a eu lieu à environ 3 milles marins au sud du port de St-Jean, à Blackhead Bight. Cette zone est abritée par des falaises à l'ouest et une presqu'île au sud, mais elle se trouve à l'extrémité orientale du continent Nord-Américain avec des températures de l'eau, des glaces et un état de la mer représentatifs des zones d'exploration des Grands Bancs. Cet endroit a été choisi parce qu'il est près de St-Jean, qu'il offre un bon mouillage et diverses conditions de vent de l'ouest dépendant à quelle distance des falaises on se trouve; les courants ne dépassent pas un quart de noeud et la variation d'amplitude des marées est d'environ 1,5 mètre.

Le déploiement et la récupération des barrages se faisaient principalement à la base de la Garde côtière, du côté sud du port de St-Jean. Les bateaux de la Garde côtière ainsi que les écrémeurs flottants ou modules de déploiement étaient amarrés à un slip, dans le port, tous les soirs. Deux bouées en forme de baril avaient été amarrées à Blackhead Bight, par le *Skidegate* de la Garde côtière, avant le début des essais. Au cours de plusieurs essais, une extrémité du barrage était fixée à l'une des bouées alors qu'un bateau amenait l'autre extrémité en position. Ces bouées servaient également à amarrer les barrages laissés sur place pendant plusieurs jours, en période de mauvais temps, lorsqu'il était impossible de faire des essais détaillés.

Les principaux critères d'évaluation des barrages dans le port de St-Jean concernaient la capacité de rétention des barrages, leur durabilité et leur résistance à la traction. On était d'avis que si un barrage satisfaisait aux deux premiers critères, et que la force du bateau à disposition permettait de le remorquer, des opérateurs seraient prêts à l'utiliser dans des conditions de déploiement ou de retrait plus difficiles.

Dans le cas du barrage Zooom, d'autres évaluations ont été faites dans le bassin d'essai des hydrocarbures et des matières dangereuses en milieu simulé (OHMSETT) à Leonardo, New Jersey, environ huit mois après ceux de St-Jean. Ces essais avaient pour but de quantifier la capacité de retenue des hydrocarbures et de trouver de quelle façon les hydrocarbures s'échappaient de ce barrage. L'état de la mer et la configuration du barrage au cours de l'essai n'avaient pas permis de faire ces analyses au large de St-Jean.

Lors de l'essai en bassin, une section du barrage Zooom a été déployée en forme de U et des hydrocarbures lourds Circo X du OHMSETT ont été utilisés. Les propriétés physiques de ces hydrocarbures sont détaillées au tableau 7.

Les essais initiaux visaient à déterminer la longueur optimale du tendeur et ont été pratiqués avec des charges de 1,89 m^3 d'hydrocarbures. Ces essais ont eu lieu avec le tendeur:

a) à la longueur normale;
b) raccourci de trois maillons de chaîne; et
c) raccourci de six maillons de chaîne.

Lors de chacun de ces trois essais d'optimisation, le barrage était remorqué à 0,5 noeud au départ, la vitesse qui était augmentée de 0,1 noeud à la fois jusqu'à ce que le barrage montre des signes de grave défaillance. La vitesse à laquelle se produisaient la première perte d'hydrocarbures et la défaillance grave étaient notées. Les essais de remorquage avec tendeur ont été faits en eaux calmes.

TABLEAU 7 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES HYDROCARBURES UTILISÉS POUR LES ESSAIS AU OHMSETT

Date	Température de l'eau[a] (°C)	Viscosité à la température de l'eau[b] (cm^2/s)	Densité[c]	Tension superficielle[d] (mN/cm)	Tension interfaciale[d] (mN/cm)	Pourcentage d'eau et de dépôts de fond[e]
11/11/80	7,6	32,50	0,938	37,3	9,0	0,1
12/11/80	6,2	26,00	0,937	36,0	11,5	0,1
13/11/80	5,9	39,00	0,930	37,0	14,3	0,1
14/11/80	6,6	42,00	0,938	37,0	8,0	0,1

a) La température de l'eau a été prise entre 8 h 00 et 8 h 30 chaque jour à l'aide d'un thermistor Markson.

b) La viscosité a été mesurée à la température ambiante (18 °C) à l'aide d'un viscomètre Brookfield de modèle LVT et à environ 75 °C à l'aide d'un viscomètre Fisher/Tag Saybolt et convertie à une PTN de 43 °C par la méthode de l'ASTM et extrapolée par la méthode D341 de l'ASTM.

c) La densité a été mesurée à l'aide d'un densimètre.

d) Les tensions superficielle et interfaciale ont été calculées à l'aide d'un tensiomètre Fisher Scientific.

e) Le pourcentage de dépôts de fond a été déterminé à l'aide d'ASTM D 1796-75 avec du toluène.

Les essais de rendement ont été faits avec des charges de 3,79 m^3 d'hydrocarbures et avec le tendeur à sa longueur optimale. Il y a eu cinq essais en eaux calmes et quatre en présence de vagues régulières. Chaque essai visait à obtenir un rapport plus exact entre le taux de perte des hydrocarbures et la vitesse, afin de déterminer la vitesse critique de remorquage. Chaque série commençait par un court essai pour établir la vitesse critique dans les conditions données. Cet essai commençait à 0,5 noeud et la vitesse était progressivement augmentée jusqu'à la vitesse critique observée. Puis une autre série d'essais était faite pour mesurer le taux de perte juste avant que la vitesse critique soit atteinte. La figure 23 donne un schéma des essais.

Le barrage était remorqué dans les vagues à partir du pont principal. La durée totale de l'essai et le temps que mettait le pont principal à parcourir la distance marquée de 30,48 m ont été notés. Au retour, tous les hydrocarbures perdus par le barrage Zooom étaient pris en sandwich entre le barrage du pont auxiliaire du OHMSETT et un autre barrage placé dans l'eau.

La longueur et la largeur de la nappe emprisonnée ainsi que son épaisseur étaient directement mesurées. Le volume de pétrole récupéré et le temps mesuré de parcours permettaient d'établir le taux de perte du barrage.

3.3 LE BARRAGE AMOP

(Fabricant: McAllister Engineering Ltd., Vancouver (C.-B.)

3.3.1 Description et caractéristiques

Le barrage AMOP est fabriqué en sections de 30,5 m d'une hauteur totale de 107 cm, comprenant un franc-bord de 66 cm et une partie submergée de 41 cm. Un cylindre autogonflable assure la flottaison et supporte une jupe verticale. La tension du barrage est assurée par une chaîne d'acier située dans le rebord inférieur de la jupe. Cette chaîne sert également de lest.

Le barrage est fait d'un tissu de nylon revêtu d'élastomère. Le cylindre de flottaison est divisé en compartiments étanches, tous pourvus d'une valve de retenue en néoprène insérée dans un logement en plastique. Les raccords d'extrémité sont en forme de Z et ils étaient reconnus à l'époque comme raccords standards par l'ASTM. La figure 24 illustre le barrage et donne le dessin détaillé d'un raccord.

Le barrage peut être stocké et transporté à bord d'une embarcation spécialement conçue à cet effet, illustrée à la figure 25, à partir de laquelle il peut également être déployé. Voici les dimensions hors-tout de cette embarcation qui peut accommoder jusqu'à 366 m de barrage:

Longueur de la coque - 8,3 m
Largeur - 2,75 m
Hauteur - 1,15 m
Hauteur de la superstructure - 0,9 m

Cette embarcation a une coque en fibre de verre et peut contenir jusqu'à 12 sections de barrage. Ces douze sections sont stockées sur trois niveaux. Le déploiement du barrage se fait en abaissant la rampe arrière de l'embarcation et en lançant une ancre flottante qui tire le barrage à l'eau pendant que l'embarcation avance. La rampe arrière peut être ouverte en retirant les crans de sûreté et en actionnant les loquets à distance ou à la main.

La récupération du barrage a été faite à l'aide d'un rouleau installé sur le bord du quai. Un camion avec bras de chargement ou une grue peuvent également être utilisés. Il

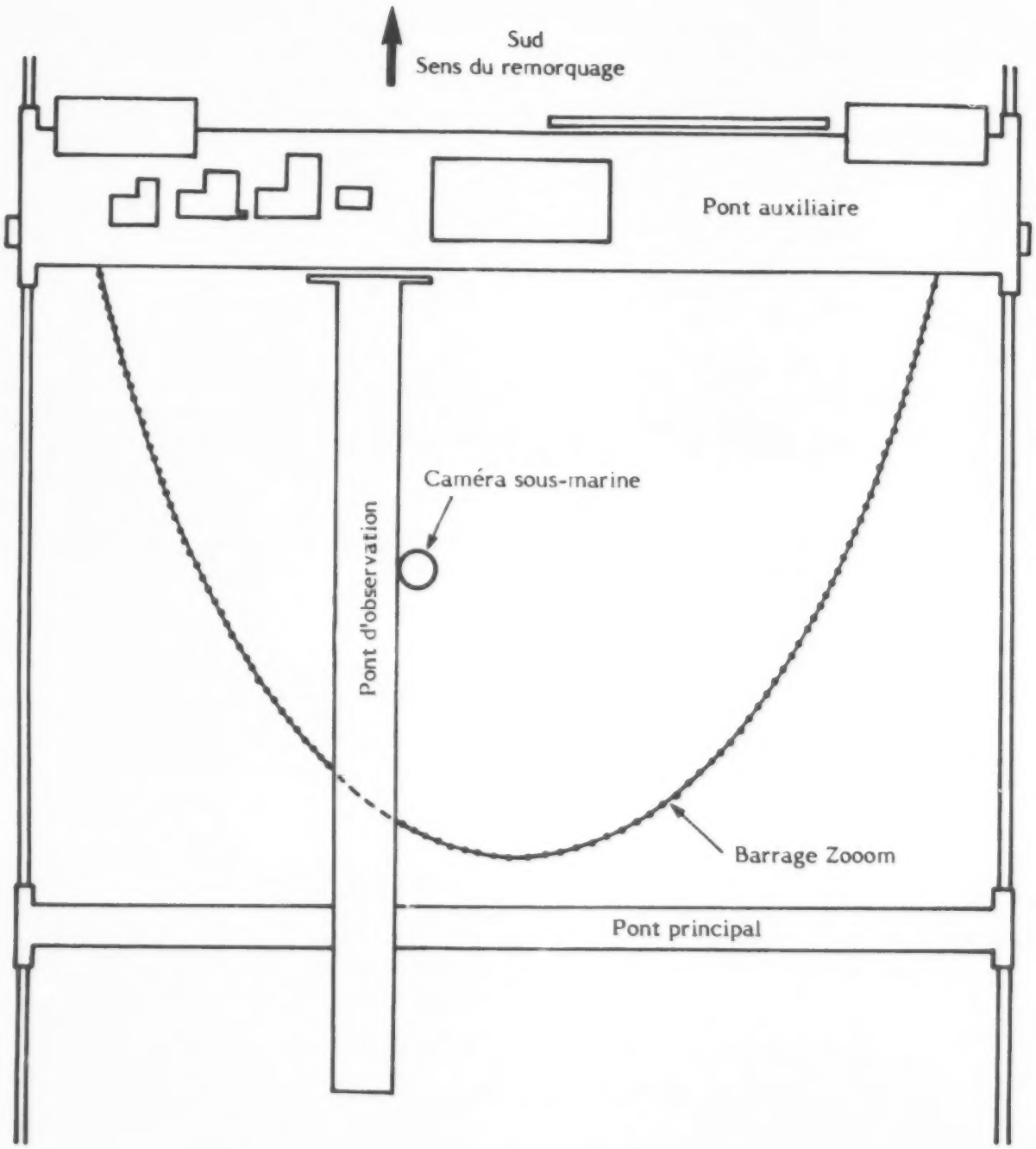


FIGURE 23 Schéma de l'essai au OHMSETT

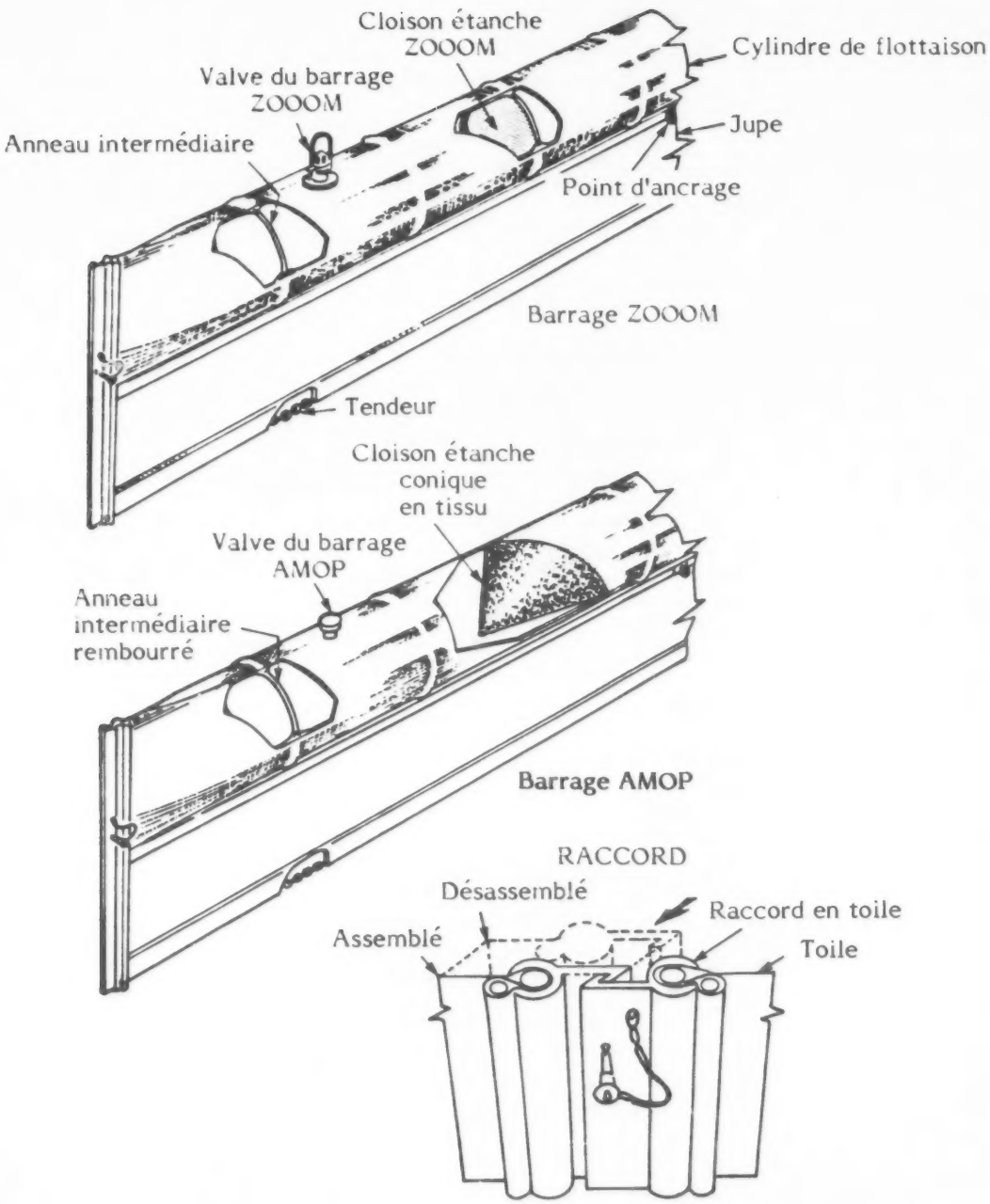


FIGURE 24 Caractéristiques générales de construction: Barrages autogonflables

FIGURE 25 **Module de déploiement du barrage, remorqué**

a fallu six hommes pour remettre le barrage dans son module. Un châssis fabriqué par Versatech Products Incorporated, avait été fourni pour faciliter le remisage, mais il devrait être modifié pour être vraiment pratique.

Le barrage n'a pas été nettoyé dans le cadre de ces essais, mais ses surfaces lisses et continues devraient faciliter le nettoyage.

3.4 BARRAGE ZOOOM

(Fabricant: Versatech Products Incorporated, North Vancouver (C.-B.))

3.4.1 Description

Le barrage Zooom ressemble au barrage AMOP et les deux sont tout à fait compatibles (voir figure 24). Le barrage Zooom est

1. fait d'un tissu un peu plus léger, ce qui réduit son poids d'environ 1,5 kg/m;

2. muni de valves de retenue de construction différente mais qui donnent le même résultat;

3. muni de raccords en forme de Z plus longs qui s'accouplent néanmoins aux raccords du barrage AMOP.

Étant donné que ces barrages sont compatibles, ils ont été reliés en un seul et même barrage pour des essais.

3.5 ÉVALUATIONS DES BARRAGES ZOOOM ET AMOP RACCORDÉS

Commentaires généraux

Bien que ces barrages soient de conception très semblable, des essais ont été faits à St-Jean pour comparer les principales caractéristiques de fonctionnement (résistance à la traction, tenue en mer, retenue des hydrocarbures) des barrages Zooom et AMOP. Sauf indication contraire, les commentaires ci-dessous s'appliquent aux deux barrages. La seule différence notable entre les deux produits, au cours des essais de St-Jean, était que le barrage AMOP prenait plus facilement l'eau.

Déploiement

Des sections du barrage Zooom et du barrage AMOP ont été réunies et comprimées sur le support d'un module de déploiement (une coque de bateau de plaisance convertie). La coque et sa remorque avaient subi quelques dommages pendant le transport et des réparations ont dû être faites avant le déploiement du barrage. Le module a été mis à l'eau et remorqué à l'entrée du port. Comme il gîtait de 30° à bâbord, il a été décidé de déployer le barrage juste à l'extérieur du port pour éviter que l'embarcation chavire. Le barrage a été déployé sans difficulté, mais deux sections du support d'entreposage sont passées par-dessus bord, à l'arrière, au cours du déploiement et ont dû être récupérées. Le barrage s'est déployé et gonflé comme prévu, et il a été attaché à l'une des bouées d'amarrage. Le module de déploiement a été ramené au port et la rampe arrière a été relevée et verrouillée. Lors de l'inspection,on a trouvé une certaine quantité d'eau douce dans la coque. Il s'agissait sans doute d'eau de pluie accumulée au cours de l'entreposage et du transport, passée inaperçue au cours de l'inspection précédant la mise à l'eau parce qu'elle était gelée. On suppose que cette eau a dû dégeler après la mise à l'eau du module et qu'elle s'est accumulée d'un côté, ce qui expliquerait la gîte observée, car rien de tel ne s'était produit au cours des essais en mer, au large de Vancouver.

3.5.1 Résultats des essais de St-Jean

Des sections des barrages AMOP et Zooom ont été remorquées séparément pour confirmer que leur résistance à la traction était identique. Les deux barrages ont ensuite été fixés à l'écrémeur Arctique dans l'intention de contenir et de faire dévier vers l'appareil les deux barils d'hydrocarbures qui avaient été déversés en amont. Environ la moitié des hydrocarbures ont pénétré dans l'écrémeur où ils ont été récupérés. Le reste, soit approximativement un baril, est rapidement passé sous le barrage. Cette perte était inattendue parce qu'un petit barrage portuaire de même type, essayé auparavant, avait été très efficace.

Les opinions étaient partagées quant aux causes de fuite au barrage. D'après certains observateurs, de petites vagues réfléchies de 4 à 8 cm semblaient créer un courant descendant qui entraînait les hydrocarbures sous le barrage. D'autres croyaient que la jupe du barrage s'évasait sous l'effet du courant, causant ainsi la perte des hydrocarbures simplement par entraînement ou coulage. Aucune de ces théories n'a pu être vérifiée en pleine mer où les observations étaient faites à partir de plates-formes mobiles et donc au-dessus de la surface de l'eau. Un certain jaillissement d'eau a parfois été observé en présence de grosses vagues. L'éloignement de la base des opérations, située à plusieurs heures de navigation de l'emplacement des essais, et le mauvais temps n'ont pas permis une étude plus détaillée du barrage. Vu la nature subjective de ces observations, il a été décidé d'évaluer le barrage Zooom, vendu sur le marché, aux installations du OHMSETT où les conditions contrôlées et les caméras sous-marines permettraient d'établir la cause exacte des pertes d'hydrocarbures.

Après les essais de retenue des hydrocarbures, les deux sections de barrage ont été détachées de l'écrémeur pour être reliées et fixées à l'une des bouées d'amarrage.

Après une inspection visuelle des raccords, le barrage a été laissé sur place pendant quatre jours au cours desquels une forte tempête a balayé toute la région. L'un des raccords a cédé au cours de la tempête, et une section de 70 mètres du barrage est partie à la dérive, probablement parce que le raccord n'avait pas été bien attaché. De plus, de l'eau avait pénétré dans la plupart des sections et quelques-unes étaient à moitié noyées. Par la suite, il a été constaté que les valves du barrage AMOP avaient fui beaucoup plus que celles du barrage Zooom.

Les raccords ASTM étaient très difficiles à manipuler et à raccorder lorsque le barrage était déployé. Les goupilles devaient être fixées à main nue et il était difficile de vérifier leur fixation après l'installation. Sous l'eau, la différence de dilatation entre les pièces en aluminium et en acier inoxydable des joints rendait ceux-ci très difficiles à détacher. Bien que la géométrie des raccords permette un branchement direct (il n'est pas nécessaire d'insérer une extrémité du barrage dans l'autre), l'absence de guides d'alignement constitue un grave inconvénient lorsqu'il faut aligner deux trous de 6 mm de diamètre. Ce problème est encore compliqué par le mouvement du bateau d'où il faut raccorder deux longueurs de barrage en tension intermittente.

Les deux barrages se remorquaient bien à toutes les vitesses. Le tableau 8 et la figure 26 indiquent les forces de traction en ligne droite des barrages AMOP et Zooom tandis que le tableau 9 et la figure 27 donnent les forces de traction lors du remorquage en U. La vitesse de remorquage diminuait généralement à mesure que l'ouverture du barrage s'élargissait, en raison de la puissance limitée des deux baleinières utilisées pour ces essais. Le barrage n'avait pas tendance à se tordre lorsque l'écartement du U variait.

Après les essais en mer, le barrage a été remorqué dans le port et récupéré, par section, sur le bord du quai en le faisant passer sur un rouleau spécialement conçu par le groupe de la Garde côtière de St-Jean. Les valves étaient décapuchonnées ou retirées, selon le cas, lorsqu'elles passaient sur le rouleau. Le corps des valves du barrage Zooom demeure en place, ce qui est jugé préférable au montage du barrage AMOP fourni par McAllister qui nécessitait l'enlèvement de la valve au complet.

De nombreux décollages ont été observés autour des valves du barrage AMOP ce qui annulé leur fonction. L'eau a ainsi pu pénétrer dans des compartiments, certains étant remplis à moitié. Le barrage Zooom a également embarqué un peu d'eau, mais beaucoup moins. Il est à craindre que ces deux barrages auraient eu de graves problèmes de flottaison s'ils étaient restés plus longtemps à l'eau.

Une fois récupéré, le barrage a été plié et remisé dans le module de déploiement, par section. Une équipe de cinq hommes n'a eu aucune difficulté à recharger le barrage, bien que ce travail ait demandé passablement d'efforts. Le module manquait de rigidité et la déformation des parois gênait la fermeture de la rampe arrière. Les supports tubulaires et le plancher portatif étaient malcommodes à utiliser.

Les matériaux utilisés pour la fabrication des barrages semblaient bien adaptés à la tâche. Seule une déchirure de 20 cm près d'un logement du tendeur a été observée. Le barrage n'a été que légèrement nettoyé avant d'être remis dans le module et le nettoyage n'a présenté aucun problème majeur puisque toutes les surfaces sont lisses.

3.5.2 Aperçu général des essais de St-Jean

Les essais en mer des barrages Zooom et AMOP ont démontré à quel point il était difficile de faire une évaluation quantitative des dispositifs de retenue des hydrocarbures en pleine mer. Cependant, une évaluation complète du fonctionnement de ces dispositifs a été possible grâce à l'analyse des caractéristiques de durabilité, de remorquage, de déploiement et de récupération. Les essais ont révélé un problème d'étanchéité, principalement dans le cas du barrage AMOP, et confirmé l'importance de

TABLEAU 8 RÉSULTATS DES ESSAIS DE TRACTION EN LIGNE DROITE DES BARRAGES AMOP/ZOOOM

Essai nº	Date	Type de barrage	État de la mer	Longueur du barrage (m)	Vitesse de remorquage (m/s)	Force mesurée (N)
1	7/3/80	Zooom & AMOP	2-3	366	3,0	7 787
2	7/3/80		2-3	366	3,8	11 570
3	7/3/80		2-3	366	2,5	6 230
4	7/3/80		2-3	366	3,8	11 347
5	7/3/80		2-3	366	4,3	13 572
6	7/3/80		2-3	366	4,3	13 572
7	7/3/80		2-3	366	4,3	13 572
8	7/3/80		2-3	366	4,3	13 795
9	7/3/80		2-3	366	2,3	5 117
10	7/3/80		2-3	366	2,1	5 340
11	7/3/80		2-3	366	2,1	4 450
12	8/3/80	Zooom	0-1	183	2,4	3 671
13	8/3/80		0-1	183	2,4	4 561
14	8/3/80		0-1	183	4,0	5 451
15	8/3/80		0-1	183	3,0	3 894
16	8/3/80		0-1	183	1,7	2 336
17	8/3/80		0-1	183	0,9	890
18	11/3/80		4-6	91	0,5	445
19	11/3/80		4-6	91	0,9	600
20	11/3/80		4-6	91	0,8	556
21	11/3/80		4-6	91	0,6	311
22	11/3/80		4-6	91	0,8	356
23	11/3/80		4-6	91	1,7	3 115
24	11/3/80		4-6	91	2,4	3 782
25	11/3/80		4-6	91	2,0	3 671
26	11/3/80		4-6	91	4,8	4 895
27	11/3/80	AMOP	4-6	121	1,0	1 335
28	11/3/80		4-6	121	1,3	1 735
29	11/3/80		4-6	121	1,5	3 004
30	11/3/80		4-6	121	1,6	3 894
31	11/3/80		4-6	121	2,0	4 672
32	11/3/80		4-6	121	1,6	4 784

valves permettant le passage de l'air mais non de l'eau. Les caractéristiques de déploiement et de durabilité ont été satisfaisantes (malgré le problème du module). Le raccord ASTM a été difficile à utiliser lorsque les barrages étaient déployés dans l'eau.

3.5.3 Résultats des essais au OHMSETT

La méthode d'évaluation employée au bassin d'essai du New Jersey est décrite en détail à la section 3.2. La retenue des hydrocarbures a principalement été évaluée à diverses vitesses de remorquage dans des conditions de vagues préétablies.

TABLEAU 9 RÉSULTATS DES ESSAIS DE TRACTION DES BARRAGES AMOP/ZOOOM DÉPLOYÉS EN U

Essai nº	Date	Type de barrage	État de la mer	Ouverture (m)	Longueur de barrage (m)	Vitesse de remorquage (m/s)	Force mesurée (N)
1	7/3/80	Zooom & AMOP	2-3	244	366	0,61	3 337
2	7/3/80		2-3	152	366	0,66	3 671
3	7/3/80		2-3	91	366	0,82	4 005
4	7/3/80		2-3	30	366	1,12	3 560
5	8/3/80	Zooom	0-1	7	183	1,32	4 161
6	8/3/80		0-1	14	183	1,22	4 294
7	8/3/80		0-1	30	183	1,02	4 561
8	8/3/80		0-1	60	183	0,76	4 939
9	8/3/80		0-1	91	183	0,61	4 784
10	8/3/80		0-1	122	183	0,61	5 117
11	8/3/80		0-1	91	183	0,31	2 225
12	8/3/80		0-1	91	183	0,36	3 849
13	8/3/80		0-1	60	183	0,76	3 003
14	8/3/80		0-1	30	183	0,61	2 892
15	8/3/80		0-1	14	183	0,66	2 447
16	8/3/80		0-1	7	183	0,76	1 780
17	11/3/80		4-6	21	91	1,12	3 337
18	11/3/80		4-6	30	91	0,61	1 780
19	11/3/80		4-6	14	91	0,31	1 446
20	11/3/80		4-6	14	91	0,36	1 335
21	11/3/80		4-6	14	91	0,87	1 335
22	11/3/80		4-6	21	91	0,92	2 670
23	11/3/80		4-6	7	91	1,22	2 225
24	11/3/80		4-6	30	91	0,61	2 336

Les résultats des essais du barrage Zooom en eaux calmes et dans des vagues régulières ont un profil bien défini (voir le tableau 10 ainsi que les figures 28 et 29). Le barrage atteint une vitesse critique entre 0,6 et 1,15 noeud; au-dessous de cela, il contient efficacement les hydrocarbures sans perte significative. Dès que la vitesse critique est atteinte, les pertes augmentent très rapidement à mesure que la vitesse augmente. Les essais en eaux calmes, faits dans le but d'établir la performance optimale, ont indiqué qu'une faible réduction de la longueur du tendeur (100-200 mm par section) donne de meilleurs résultats, mais qu'une réduction plus grande (220 mm) se traduit par une diminution de la performance.

Les essais en présence de vagues longues (19,2 m) ont donné des résultats comparables aux essais en eaux calmes. L'augmentation de la hauteur des vagues de 0,19 à 0,41 m semble n'avoir eu aucun effet significatif sur le taux des pertes. Le barrage a également été essayé dans des vagues essentiellement de même hauteur (0,19 m), mais de longueur très différente. Ces essais ont permis d'évaluer dans quelles conditions de vagues l'utilisation du barrage devient problématique. La tendance observée indique que ce sont

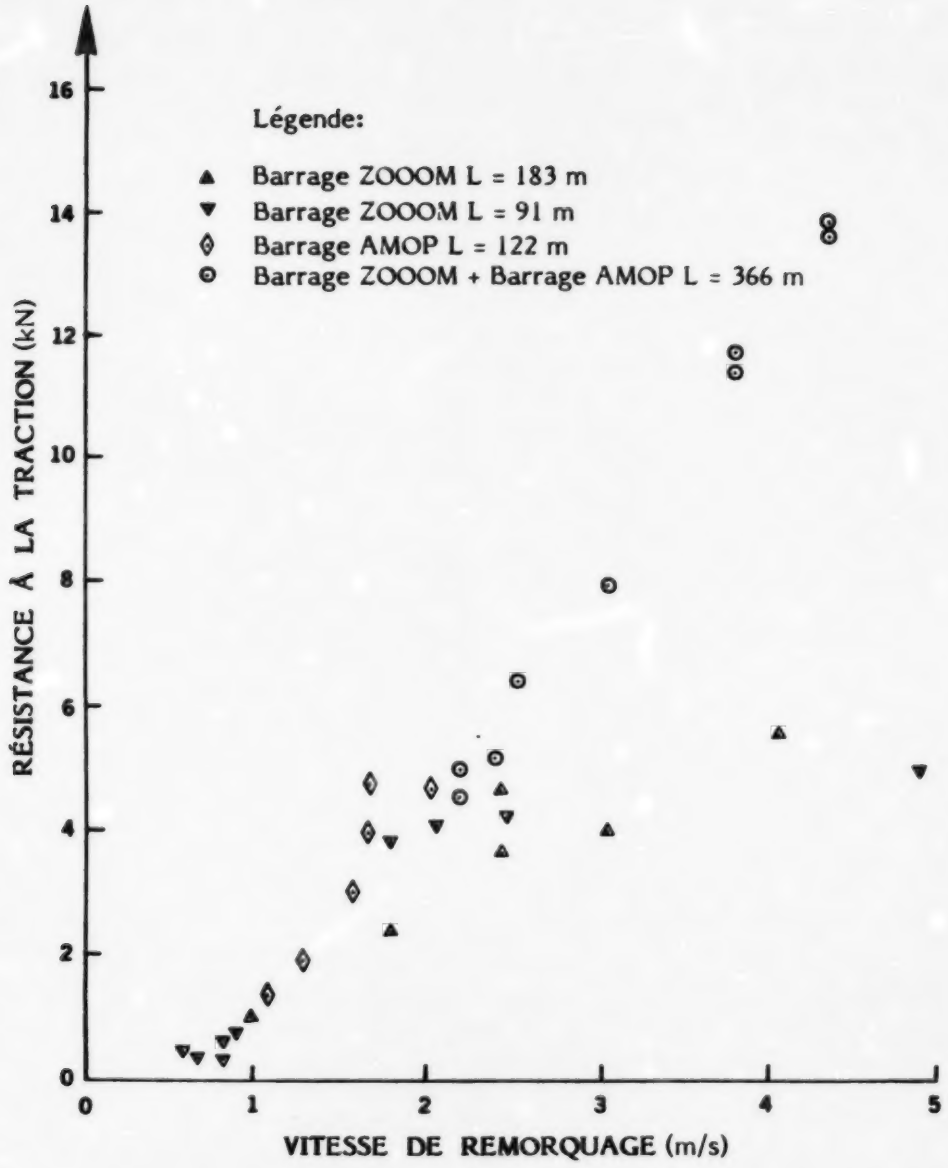
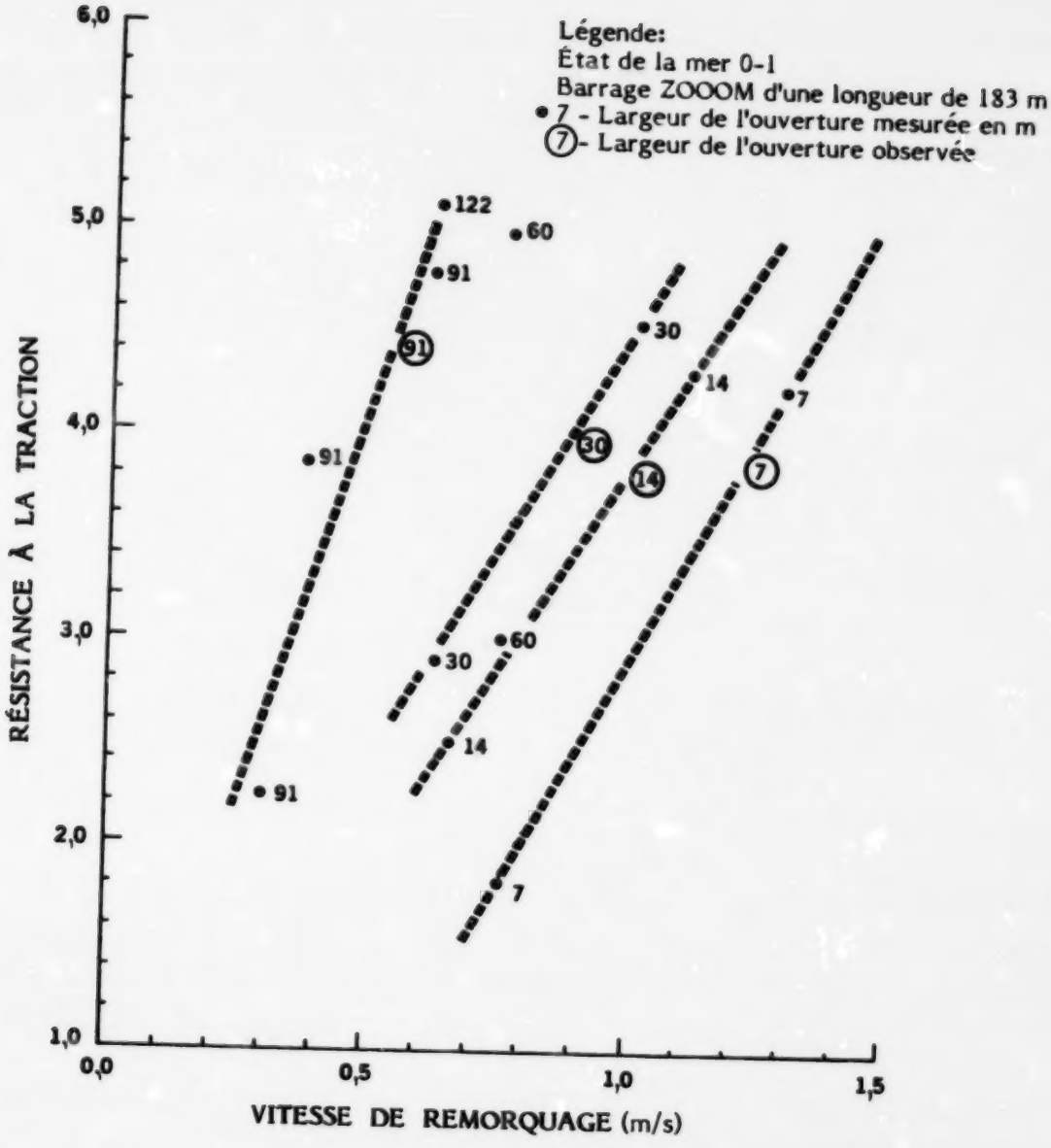


FIGURE 26 Résistance à la traction des barrages ZOOOM et AMOP



Remarque: Ces chiffres représentent les données recueillies en mer calme et avec une seule longueur de barrage.

FIGURE 27 Résistance du barrage 2000 m à la traction en fonction de la vitesse de remorquage et de la largeur de l'ouverture

TABLEAU 10 RÉSULTATS DES ESSAIS AU OHMSETT

État des vagues (hauteur (m) x longueur (m))	Vitesse de remorquage (noeuds)	Taux de perte (l/mn)
En eaux calmes	0,78	2
	0,88	6
	1,00	38
	1,13	199
	1,15	320
	1,27	1364
	1,36	2274
0,41 x 19,22	0,80	1
	1,00	12
	1,11	312
	1,20	323
0,19 x 2,77	0,50	1
	0,68	103
	0,77	212
	0,89	390
0,19 x 19,22	0,80	1
	1,00	2
	1,07	19
	1,20	323
	1,24	553
0,19 x 8,31	0,90	139
	1,00	168
	1,07	451

les vagues courtes qui constituent un problème pour le barrage Zooom. Les vagues les plus courtes des essais (0,19 x 2,77 m) étaient des vagues déferlantes qui moutonnaient dans la moitié sud du bassin. Les vagues se creusaient au fur et à mesure que le barrage était remorqué vers le sud, et le taux de perte du barrage augmentait dès qu'il atteignait les vagues écumantes.

Degré de confiance des résultats

L'indicateur de vitesse du pont du OHMSETT a été étalonné au printemps 1980. Les résultats ont montré que cet indicateur était précis à 95 p. 100. La vitesse de remorquage a été mesurée et enregistrée et pour chacun des essais; l'indicateur avait une précision de 97 p. 100. Les vitesses indiquées dans ce résumé sont les valeurs réelles mesurées.

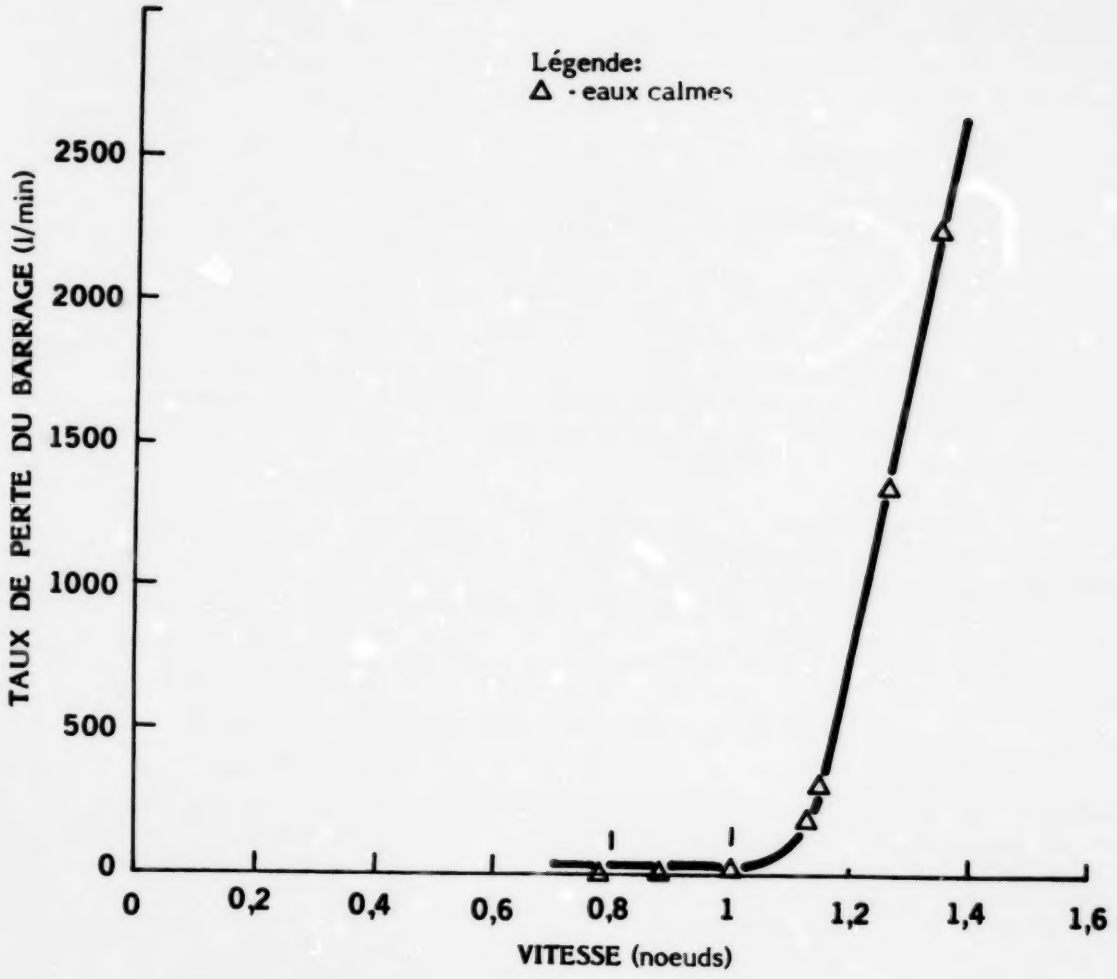


FIGURE 28 Taux estimatif de perte du barrage ZOOOM en eaux calmes (hydrocarbures lourds)

Le taux de perte du barrage Zooom était conforme à la tendance prévue. Devant le résultat de certains essais, force a été de conclure que la méthode utilisée pour calculer le taux de perte pouvait être erronée. Le taux mesuré au cours de ces essais semble inférieur au taux réel de perte.

Les résultats des essais du taux de perte en fonction de la vitesse de remorquage sont indiqués à la figure 28 pour les essais en eaux calmes et à la figure 29 pour l'ensemble des essais.

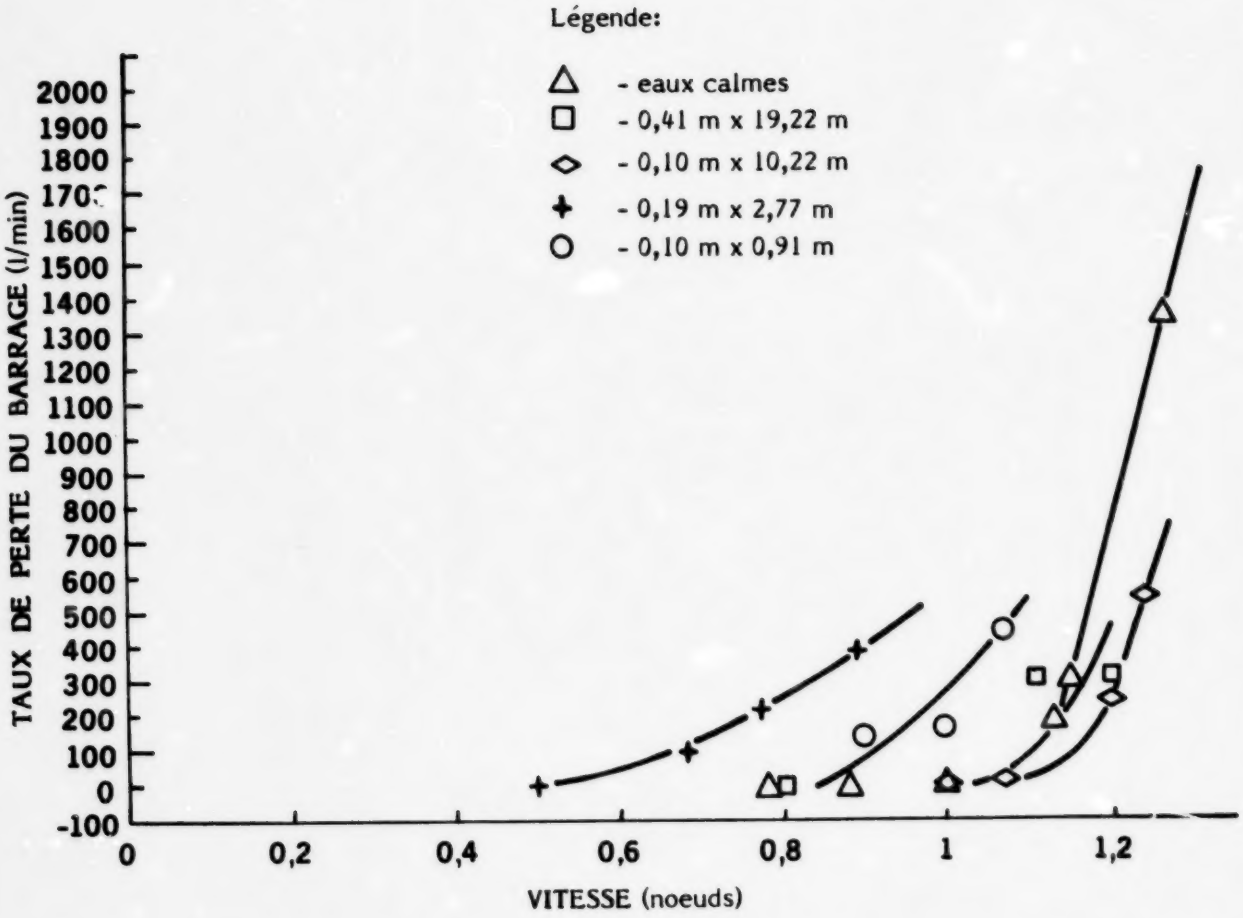


FIGURE 29 **Taux estimatif de perte du barrage ZOOOM dans certaines conditions**

Pertes

Les pertes de ce barrage sont illustrées par la bande magnétoscopique et les films de 16 mm et 35 mm pris par des caméras sous-marines. Ces documents indiquent que bien qu'une certaine quantité d'hydrocarbures ait été entraînée par la vague frontale, la majorité des pertes étaient causées par le coulage. La seule déviation marquée de ce scénario classique a été une perte sinueuse constatée au cours des essais dans les vagues les plus courtes. La courte période de ces vagues créait des mouvements verticaux rapides à la base du U formé par le barrage. Ce mouvement vertical tendait à découper la nappe des hydrocarbures confinés en sections sinueuses dans la colonne d'eau. Ces sections rayonnaient du barrage, en se déplaçant presque parallèlement à lui. Le rejaillissement de l'eau n'a jamais constitué un problème important au cours des essais.

Conclusions

Le barrage Zooom est un barrage à hydrocarbures bien conçu et bien construit. Les quelques petits problèmes rencontrés devraient être relativement faciles à éliminer. En utilisation réelle, un observateur attentif devrait pouvoir établir facilement la vitesse de remorquage critique du barrage lorsque celui-ci est déployé avec un tendeur de la longueur optimale. Le taux de perte augmente lentement avec la vitesse, mais une fois la vitesse critique atteinte, les pertes deviennent très apparentes. La capacité du barrage à retenir les hydrocarbures est prévisible jusqu'à un certain point, et le facteur le plus critique est le contrôle de la vitesse de remorquage dès que l'on approche la vitesse critique. Le barrage a été remorqué à 2,5 noeuds sans aucun dommage physique.

3.6 ALBANY OIL-FENCE

(Fabricant: Oil Spill Containment Corporation, Albany, N.Y.)

3.6.1 Description et caractéristiques

L'Albany Oil-fence est un barrage vertical plat, muni de flotteurs à membrures qui en assurent la flottabilité et la stabilité. Ce barrage est vendu en différentes dimensions. Nous avons utilisé des sections de 1,2 m pour nos essais. Ce barrage est symétrique au-dessus et au-dessous de l'eau, ce qui permet de l'utiliser indifféremment d'un côté ou de l'autre. Les raccords sont du type à glissière, sans côté droit ni côté gauche. La figure 30 illustre certains détails de fabrication.

Le barrage a été expédié dans quatre caisses de plastique contenant chacune 30,5 m de barrage; ces caisses sont arrivées en mauvais état à Terre-Neuve. Elles étaient inutilisables et de nouvelles caisses ont dû être fabriquées pour la réexpédition.

Le barrage est fait de toile de polyester imprégnée de polyuréthane. Les flotteurs pivotants sont faits en polyuréthane à cellules fermées emprisonné dans du polyéthylène réticulé. Les flotteurs, d'une largeur de 60 cm, sont espacés de 2,2 m l'un de l'autre et sont munis de poignées. Les raccords entre chaque section de 30,5 m sont faits d'une glissière en polyéthylène et verrouillés par des chevilles en acier inoxydable. Les câbles de remorquage peuvent être fixés à l'une ou l'autre des extrémités d'une section (voir figure 31). Une section de 30,5 m pèse 381 kg.

Le déploiement du barrage nécessite une grande superficie de pont ou de quai. Une fois les longueurs de 30,5 m réunies, il ne reste qu'à les pousser à l'eau. Le barrage a été récupéré par sections de 30,5 m qui étaient déposées sur le quai au moyen d'un camion muni d'un bras de chargement.

Aucun nettoyage n'a été nécessaire parce qu'il n'y a eu aucun essai de retenue des hydrocarbures. Cependant, les surfaces lisses et continues du barrage et l'absence de pièces dissimulées devraient faciliter le nettoyage.

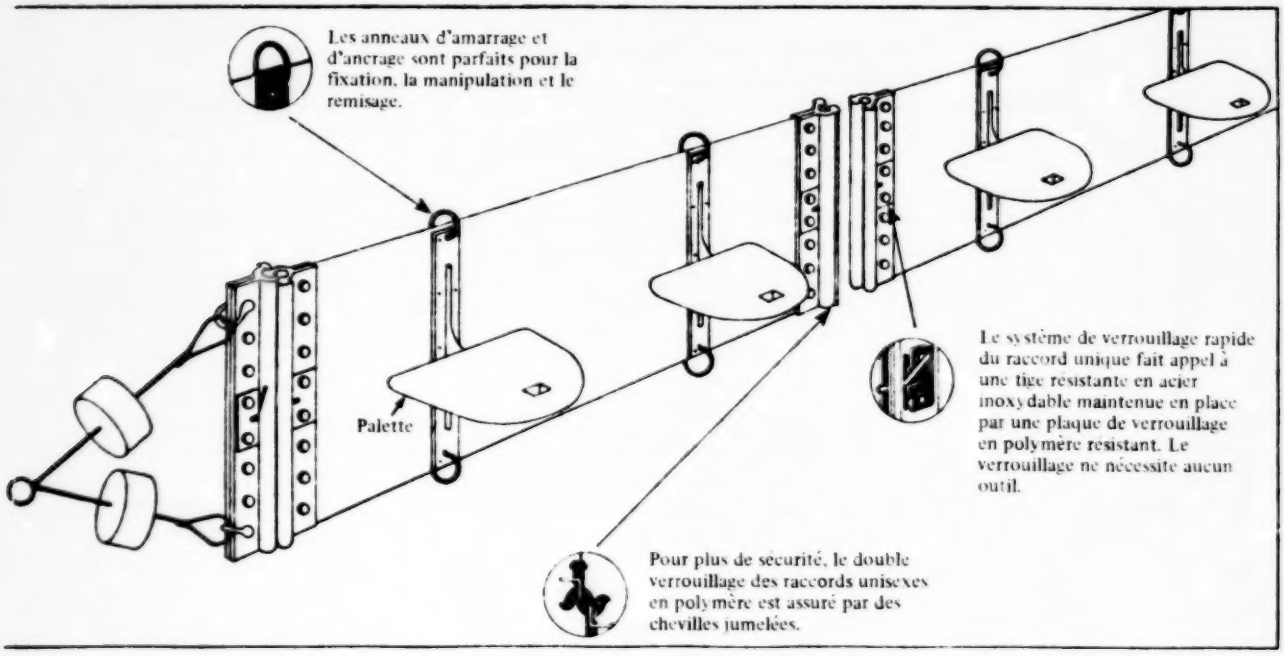


FIGURE 30 Détails de construction de L'ALBANY OIL-FENCE

3.6.2 Analyse des essais en mer

Déploiement

Le raccordement des sections de barrage et le déploiement subséquent se sont faits facilement. Aucun équipement de levage n'a été nécessaire pour mettre le barrage à l'eau. La toile très résistante du barrage a supporté, en apparence du moins, le frottement le long du quai.

Essais

Le barrage a été remorqué jusqu'à une bouée d'amarrage et l'effort de traction a été mesuré. Le barrage se remorquait bien, demeurant toujours stable lorsqu'il était tiré par une extrémité. Comme le montrent le tableau 11 et la figure 32, la force de traction déployée par mètre de barrage était élevée. La résistance opposée par les flotteurs en est la cause incontestablement. Le barrage a ensuite été remorqué en forme de U (voir tableau 12). Il a bien réagi aux vagues. Au cours de certains essais, alors que l'état de la mer était de 3 à 4, le barrage formait un "pont" entre les crêtes des vagues, les flotteurs se trouvant alors 30 à 35 cm au-dessus de la partie la plus creuse de la vague. Des pertes d'hydrocarbures sont donc prévisibles sous le barrage dans les vagues courtes et creuses.

Lorsque l'on écartait ou refermait les extrémités du barrage pour ouvrir ou fermer le U, le barrage avait tendance à s'enrouler sur lui-même. On a pu l'éviter facilement en larguant l'autre extrémité du câble de remorquage, mais cela serait impraticable dans une mer démontée.

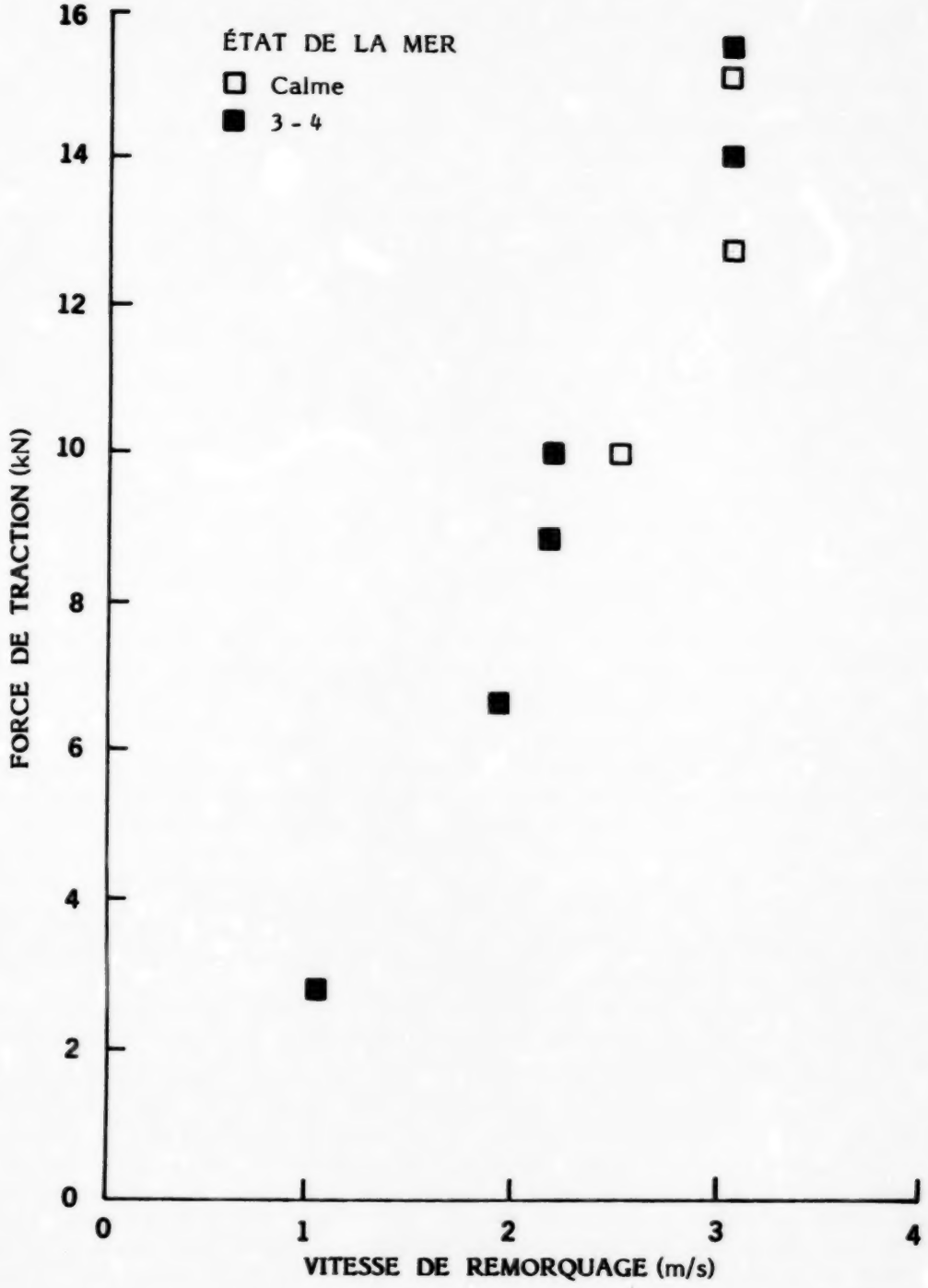


FIGURE 31 **Résistance à la traction de l'Albany OIL-FENCE en fonction de la vitesse de remorquage**

TABLEAU 11 RÉSULTATS DES ESSAIS DE REMORQUAGE, EN LIGNE DROITE, DE L'ALBANY OIL-FENCE

Essai nº	Date	État de la mer	Longueur du barrage (m)	Vitesse de remorquage (m/s)	Force mesurée (N)
1	7/3/80	0-1	122	2,50	10 000
2	7/3/80	0-1	122	3,05	12 710
3	7/3/80	0-1	122	3,05	15 140
4	10/3/80	0-1	122	1,05	2 710
5	10/3/80	0-1	122	1,95	6 710
6	10/3/80	0-1	122	2,15	8 860
7	10/3/80	0-1	122	2,17	10 000
8	10/3/80	0-1	122	3,05	14 000
9	10/3/80	0-1	122	3,05	15 570

À un certain moment, les deux extrémités du barrage se sont accidentellement trouvées l'une par-dessus l'autre si bien que presque tout le poids du barrage reposait sur une section se trouvant près de l'une des extrémités. Il n'y a cependant eu aucun dommage. Le montage et le matériau des flotteurs, des membrures, des raccords et de la jupe principale sont exceptionnellement solides et résistants.

Le barrage a été laissé attaché à la bouée d'amarrage pendant quatre jours. À l'inspection, un certain englacement des anneaux de plastique, à l'extrémité supérieure des raccords, a été noté. Mais en dehors de cela, le gel n'a causé aucun problème, même sur le haut franc-bord du barrage. Il semble que la flexion continuelle de la jupe du barrage fasse tomber la glace dès qu'elle se forme, et comme les flotteurs demeurent dans l'eau, ils ne s'englacent pas à des températures approchant le point de congélation.

Les essais ont été arrêtés avant de pouvoir évaluer la retenue des hydrocarbures. C'est un gros barrage et sa face verticale devrait assez bien retenir les hydrocarbures par des vents de force 1 à 2, à l'échelle de Beaufort.

Lorsque l'état de la mer est de 3 et plus, le brassage causé par les flotteurs, combiné au "pont" formé par le barrage entre les crêtes des vagues, pourrait entraîner les hydrocarbures sous le barrage.

Récupération

Le barrage a été ramené au port. Un câble a été passé dans une dizaine d'anneaux situés sur la partie supérieure du barrage, et la section en question a été sortie de l'eau par le camion de la Garde côtière, qui est équipé d'un bras de chargement. De petites sections de barrage ont également été soulevées par leurs seuls anneaux. Les deux méthodes ont été efficaces. Mais s'il n'y avait pas eu de camion avec bras de chargement pour sortir le barrage de l'eau et le déposer sur le quai, la tâche n'aurait pas été facile pour le personnel chargé de la récupération, à cause des flotteurs qui peuvent facilement s'accrocher.

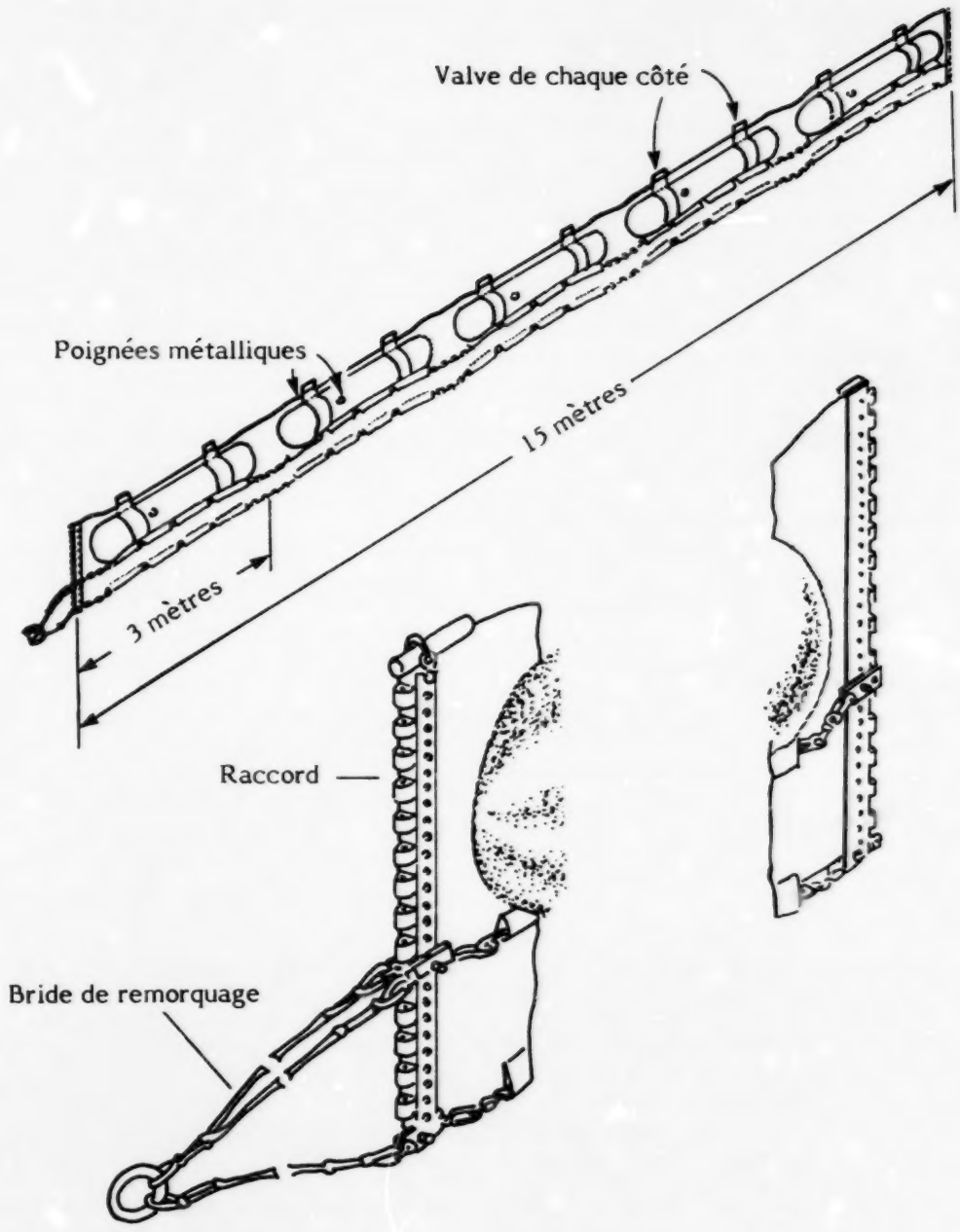


FIGURE 32 Détails du barrage de la U.S. Coast Guard

TABLEAU 12 RÉSULTATS DES ESSAIS DE REMORQUAGE, DE L'ALBANY OIL-FENCE, DÉPLOYÉ EN U

Essai nº	Date	État de la mer	Largeur de l'ouverture (m)	Longueur du barrage (m)	Vitesse de remorquage (m/s)	Force mesurée (N)
1	7/3/80	0-1	-	122	0,76	4450
2	7/3/80	0-1	30	122	0,76	3560
3	7/3/80	0-1	30	122	0,66	3337

Le barrage a été déposé pêle-mêle sur le quai. Il a été replacé sans difficulté par une équipe de six hommes dans les nouvelles caisses d'expédition. Le barrage se déroulait et se tassait facilement malgré sa conformation assez particulière. Quatre-vingt-onze mètres de barrage ont été remisés en une heure.

Ce barrage n'a pas besoin d'être lesté car sa stabilité est assurée par les flotteurs. Tous les éléments sont en plastique, à l'exception des clés de verrouillage en acier inoxydable; la corrosion ne pose donc aucun problème. L'inspection qui a suivi la récupération du barrage a permis de constater que celui-ci était intact.

De tous les barrages essayés, c'est celui dont les raccords étaient les plus commodes. Ces raccords plastique-sur-plastique permettaient un assemblage facile, et même si les extrémités doivent être insérées l'une dans l'autre il n'y a pratiquement pas de friction. Les clés de verrouillage en acier inoxydable sont simples et faciles à utiliser. Elles le seraient encore plus si elles se trouvaient au bord du barrage plutôt qu'à mi-hauteur, mais le barrage y perdrait en symétrie. L'avantage d'une clé de verrouillage au-dessus de l'eau a été sacrifié à la facilité de déploiement du barrage, assurée par la symétrie.

Résumé

L'Albany Oil-fence est un barrage plat bien construit et très stable. Les matériaux choisis et la méthode de construction sont excellents. La forte résistance de ce barrage à la traction peut poser certains problèmes lorsque de grandes longueurs de barrage doivent être remorquées. Il faut s'attendre à un certain coulage d'hydrocarbures sous le barrage à partir d'un état de mer d'environ 3, mais le franc-bord du barrage devrait encore être très efficace dans ces conditions. L'autre contrainte à laquelle l'opérateur doit être attentif est la tendance du barrage à se retourner sur lui-même lorsque l'ouverture du U est modifiée. Dans l'ensemble, les caractéristiques de déploiement sont excellentes et la récupération du barrage est relativement facile à condition de disposer d'une petite grue.

3.7 BARRAGE POUR HYDROCARBURES DE LA U.S. COAST GUARD (Fabricant: B.F. Goodrich, Akron, Ohio)

3.7.1 Description et caractéristiques

Comme les barrages AMOP et Zooom, ce barrage consiste en un flotteur cylindrique supportant une jupe verticale. Une longueur de 244 m a été essayée. Le franc-bord et la hauteur immergée sont respectivement de 36 cm et 46 cm. La tension est assurée par trois chaînes d'acier qui servent également de lest.

Le barrage nous a été livré dans des caisses en bois contenant chacune une section de 15 m. Ces caisses mesuraient 201 cm de longueur, 130 cm de largeur et 141 cm de hauteur. Deux caisses étaient placées sur une même palette en aluminium et maintenues par un filet de chargement.

Ce barrage est fait en toile caoutchoutée. Chaque section de 15 m est divisée en éléments de 3 m avec un compartiment gonflable de chaque côté, comme le montre la figure 32. Deux des chaînes de tension sont fixées à mi-hauteur tandis que la troisième se trouve dans le bas de la jupe. L'assemblage des sections se fait au moyen de la tige en fibre de verre et de manilles fixées aux chaînes. Chaque élément de 3 m est muni de deux poignées et chaque section de 15 m est pourvue de deux anneaux de levage.

Le barrage doit être gonflé sur un quai ou sur le pont arrière d'un gros bateau comme un bateau de servitude. En général, une seule section de 15 m est gonflée à la fois puis assemblée à la suivante. La récupération de ce barrage nécessite un camion à bras de chargement ou un cabestan de quai (ou l'équivalent). Le barrage peut être replacé dans les caisses par deux personnes au minimum, mais de préférence par quatre.

Ce barrage peut être nettoyé à l'aide de puissants jets d'eau et de solvant, mais cette opération est très longue.

3.7.2 Analyse des essais en mer

Déploiement

Le barrage est arrivé dans quatre caisses palettisées (deux caisses par palette) maintenues par des filets de chargement. Une fois les caisses enlevées des palettes, le feuillard a été coupé et les caisses ont été ouvertes. Elles étaient très solides et remplissaient bien leur fonction.

Lors de ces essais, le barrage a été étendu sur le quai en longueurs de 15 mètres, et chaque élément de trois mètres a été gonflé à l'aide d'un tube spécial (non fourni avec le barrage) et d'un compresseur d'air. L'assemblage des divers éléments du barrage était fait sur le quai à l'aide des raccords fournis. Dès qu'une longueur de 15 mètres était gonflée, elle était déployée par-dessus le rebord du quai.

Ce barrage est fait de matériaux très résistants. C'est probablement le plus solide de six barrages essayés; cependant, sur la base du poids par mètre, c'est également l'un des plus lourds et difficiles à déplacer. Les manilles entre les éléments ont été machinalement resserrées à mesure que le barrage était retiré des caisses, et certaines étaient lâches. Le raccordement des sections n'a présenté aucune difficulté. Cette opération doit définitivement être effectuée à terre ou sur un navire de déploiement assez grand. La manutention de ce barrage demande des efforts considérables.

Les valves de gonflement ont été examinées au cours du gonflage. Plusieurs étaient lâches et ont dû être resserrées.

Lorsque les longueurs de barrage étaient extraites des caisses (ce qui se faisait généralement à la course), les poignées métalliques montées sur le bord supérieur avaient tendance à accrocher l'intérieur du renfort d'angle des caisses. Il suffirait de fixer une simple pièce taillée en biseau au cadre des caisses, du côté où le barrage est sorti, pour éliminer ce problème.

Un tube fabriqué et fourni par la Garde côtière américaine a été utilisé pour accélérer le gonflage du barrage. Il comprend cinq tuyaux d'air, chacun terminé par une soupape et un manchon fait d'un bouchon en caoutchouc qui s'adaptait aux trous de gonflage du barrage. Une soupape à laquelle s'adapterait un tuyau d'amenée d'air serait très commode.

Essais

Les essais du barrage de la Garde côtière ont été faits de la façon décrite au chapitre 3.2. Le seul commentaire digne de mention est que le poids du barrage rendait la manipulation de celui-ci difficile au cours du raccordement, même dans des conditions modérées (état de mer 2). Le barrage réagissait de façon satisfaisante dans ces vagues.

Le barrage a été remorqué en mer de la manière habituelle et les forces de traînée ont été mesurées à différentes vitesses de remorquage, en ligne droite et en forme de U. Les surfaces rugueuses et discontinues donnaient une force de traînée comparable à celle de l'Oil-fence (voir tableaux 13 et 14 et figure 33).

Le franc-bord du barrage relativement bas causait un rejaillissement notable de l'eau avant le déversement des hydrocarbures. Les vents étaient de 10 à 15 noeuds et l'état de la mer au moment des essais était d'environ 2 à 3. Un baril d'hydrocarbures déversé en amont du barrage, au large, s'est échappé du barrage en 10 minutes environ. Les pertes d'hydrocarbures par éclaboussement et coulage n'ont pas pu être quantifiées.

Il n'y a eu aucune mesure du courant. Avec une vitesse de vent évaluée à 15 noeuds, on estime que le courant de dérive superficiel était d'environ 0,5 noeud. En ajoutant à cela un autre demi-noeud pour la marée ou le courant, les pertes d'hydrocarbures étaient prévisibles (Murray, 1975).

Le barrage a été laissé attaché à la bouée d'amarrage pendant 27 jours au cours desquels trois violentes tempêtes du nord-est ont balayé la région. Le barrage a été soumis à des vagues déferlantes de 5 à 7 mètres de haut pendant une longue période. Ces conditions atmosphériques extrêmes et la durée de l'essai sont probablement proches de la réalité dans les interventions au large.

Récupération

Le barrage a été inspecté avant d'être détaché de la bouée d'amarrage. Il s'était tortillé en divers endroits dans sa moitié aval. L'extrémité amarrée a probablement tourné plusieurs fois sur elle-même au cours des tempêtes et toutes les torsades, sauf trois, se sont défaites d'elles-mêmes avant la récupération du barrage. Ce dernier a été ramené à la base de la Garde côtière et les trois premières longueurs ont été sorties de l'eau à l'aide d'une camionnette pour être ensuite étalées sur le quai. On avait pris soin de faire passer le barrage par-dessus un rouleau installé sur le rebord du quai. La force nécessaire à l'opération dépassait toutefois la capacité de la transmission de la camionnette et le camion à bras de chargement de la Garde côtière a dû être utilisé pour retirer le reste du barrage et le déposer sur le quai, en tas peu ordonné, mais sans aucune difficulté.

Lors de la récupération, on a constaté que cinq manilles s'étaient défaites sur les trois chaînes de tension et les coutures des gaines abritant les chaînes avaient lâché en certains endroits. Le fait que le barrage ait résisté aux tempêtes avec certaines de ses chaînes de tension défaites dénote la qualité de sa fabrication. Pour prouver davantage la robustesse du barrage, des levages courants d'environ 300 à 400 kg ont été faits à partir d'une des poignées de levage située à chaque extrémité de chaque section du barrage. Leur capacité nominale est de 125 kg, mais elles n'ont donné aucun signe de défaillance à des charges aussi élevées.

Le barrage a ensuite été chargé sur le camion à bras de chargement et transporté à la base de la Garde côtière où il a été nettoyé et remis dans les caisses. Le nettoyage a été long en raison de la surface rugueuse du barrage; il fallait deux fois plus de temps pour nettoyer un mètre de ce barrage qu'il n'en fallait pour tous les autres barrages à surface lisse.

Trois éléments du barrage étaient un peu dégonflés et deux autres étaient remplis d'eau. Toutefois, aucun n'avait été submergé car chaque compartiment de flottaison est séparé longitudinalement par la cloison centrale en toile.

TABLEAU 13 RÉSULTATS DES ESSAIS DE REMORQUAGE EN LIGNE DROITE DU BARRAGE DE LA U.S. COAST GUARD

Essai nº	Date	État de la mer	Vitesse de remorquage (m/s)	Force mesurée (N)	Longueur du barrage (m)
1	13/3/80	0-1	2,5	9 500	244
2	13/3/80	0-1	2,5	9 400	244
3	13/3/80	0-1	3,0	14 500	244
4	13/3/80	0-1	3,0	14 700	244
5	13/3/80	0-1	3,8	13 800	244
6	13/3/80	0-1	3,8	13 300	244
7	13/3/80	0-1	2,8	10 900	244
8	13/3/80	0-1	3,0	11 300	244
9	13/3/80	0-1	2,2	7 200	244
10	13/3/80	0-1	1,7	7 100	244
11	13/3/80	0-1	1,7	4 100	244
12	13/3/80	0-1	3,8	14 900	244

TABLEAU 14 RÉSULTATS DES ESSAIS DE REMORQUAGE DU BARRAGE DE LA U.S. COAST GUARD DÉPLOYÉ EN U

Essai nº	Date	État de la mer	Largeur de l'ouverture (m)	Longueur du barrage (m)	Vitesse de remorquage (m/s)	Force mesurée (N)
1	17/3/80	1-2	55	244	0,66	3559
2	17/3/80	1-2	100	244	0,63	3114
3	17/3/80	1-2	94	244	0,20	2891
4	17/3/80	1-2	125	244	0,15	3003
5	17/3/80	1-2	219	244	-	2224

Cette fabrication en unités subdivisées a évité bien des dommages. Les déchirures le long des gaines abritant les chaînes étaient relativement mineures et ne constituaient pas une défaillance matérielle importante.

Résumé

Le barrage de la U.S. Coast Guard est un produit gonflable, bien construit et robuste. À l'exception de la toile de caoutchouc rugueuse, les matériaux de construction sont bien choisis et les sections sont faciles à assembler. Le barrage a bien réagi aux

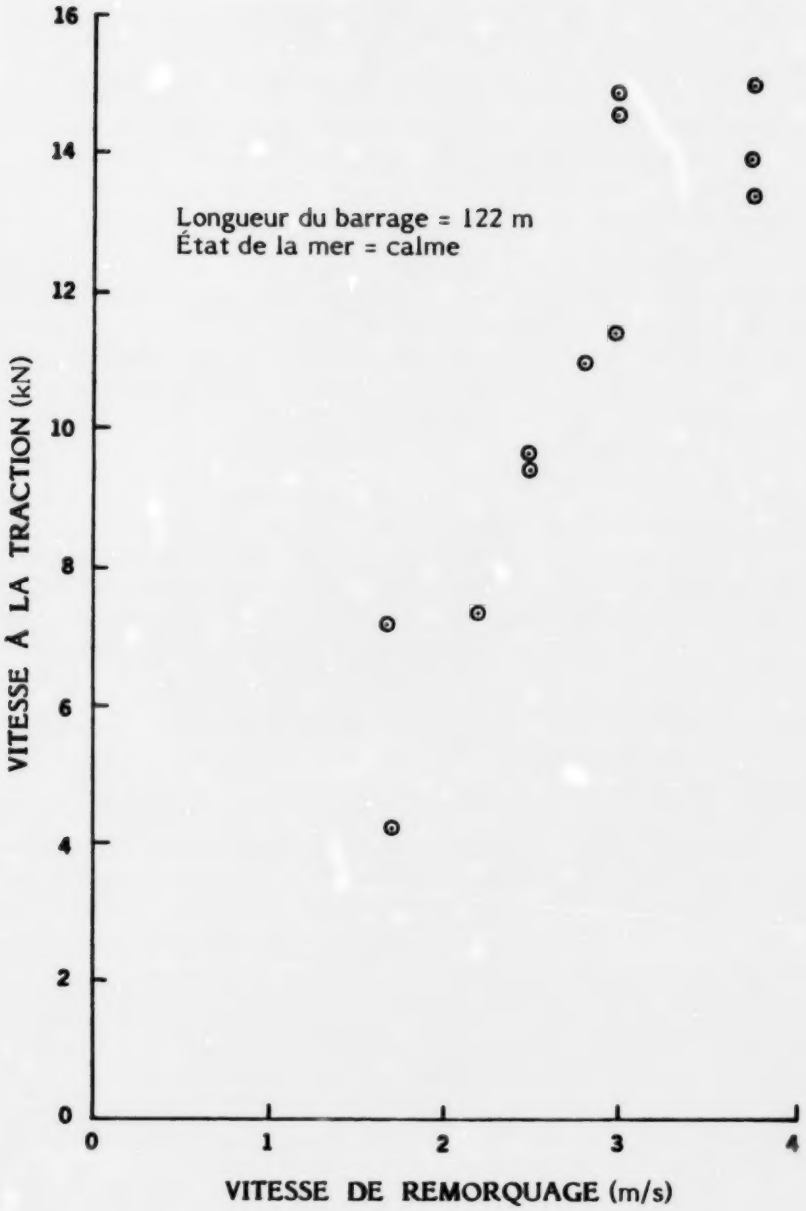


FIGURE 33 Résistance à la traction du barrage de la U.S. Coast Guard en fonction de la vitesse de remorquage

vagues, sauf dans les vagues déferlantes rapprochées. Les essais de retenue des hydrocarbures n'ont pas été concluants dans les conditions rencontrées au large. Dans l'ensemble, le barrage a de nombreuses caractéristiques avantageuses pour tout barrage gonflable; il se distingue particulièrement par ses compartiments de flottaison en sections et son excellent système d'assemblage.

3.8 TROILBOOM

(Fabricant: Trelleborg A/B, Trelleborg, Suède)

3.8.1 Description et caractéristiques

Le Troilboom est un barrage vertical plat. La flottaison est assurée par des flotteurs en mousse solide espacés d'environ 50 cm le long du barrage. La tension est absorbée par un câble indépendant et externe situé à la surface de l'eau. Le barrage est doté d'une poche dans laquelle l'écrémeur Destroil peut être placé pour la récupération des hydrocarbures. Les essais ont été effectués avec 75 mètres de barrage. La figure 34 donne le détail du Troilboom. Le Troilboom est en toile de polyamide enduite de CPV et de caoutchouc de nitrile. Il est équipé de membrures verticales en polyester renforcé de fibre de verre, larges de 5 cm, et qui supportent la toile de part et d'autre des flotteurs. Le câble de tension est en polypropylène. Le barrage mis à l'essai mesurait environ 1,2 m de hauteur. La poche de récupération des hydrocarbures était légèrement plus haute (1,5 m).

Le barrage est arrivé par cargo aérien dans une caisse de bois de 2,18 m de longueur, 1,72 m de largeur et 1,70 m de hauteur, qui servit à la réexpédier.

Essais de remorquage

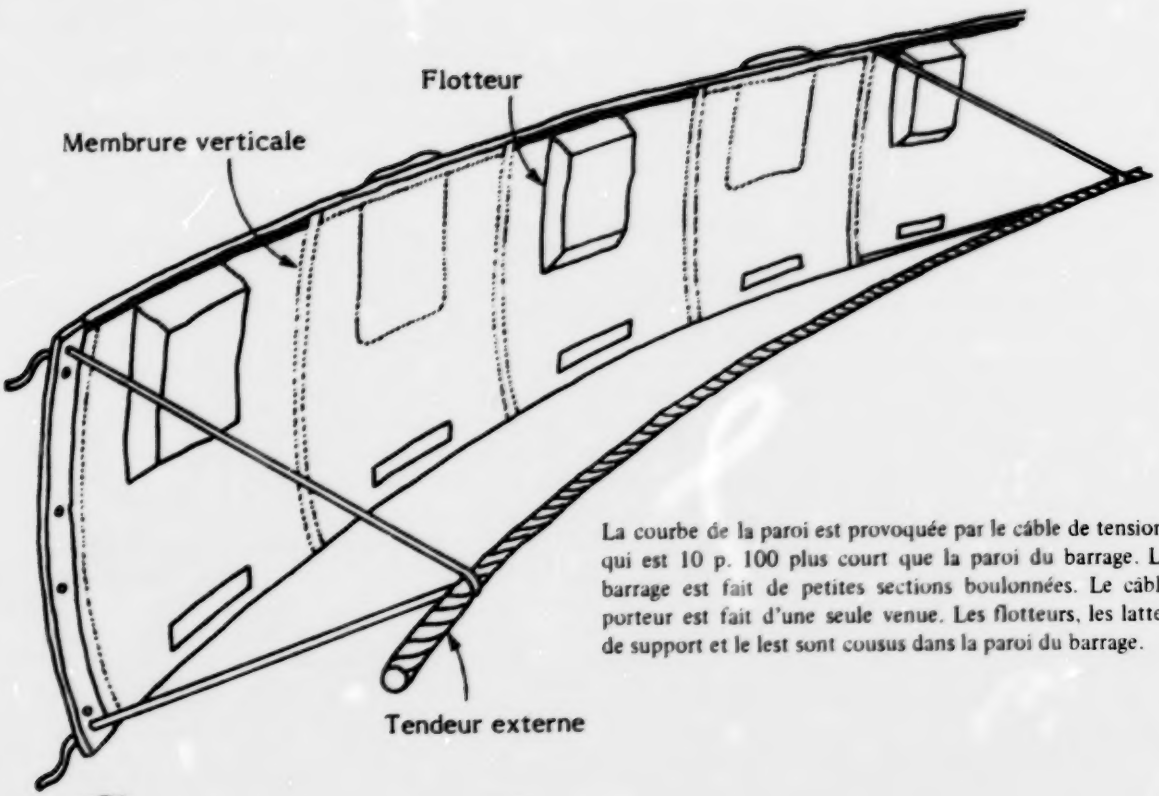
Le barrage déployé en forme de U, dont l'ouverture variait de 15 à 46 m, a été remorqué à des vitesses variant de 0,3 à 0,8 noeud. Les forces de traction sont indiquées dans le tableau 15 et à la figure 35.

Le barrage s'est en général très bien comporté durant le remorquage. Il conserva une parfaite stabilité, il ne manifesta pas la moindre tendance à se retourner, l'ouverture du U pouvait être élargie ou rétrécie sans que les extrémités se tordent. Sa réaction aux vagues a semblé excellente, mais le jour de l'essai, la mer était calme, avec une houle longue de 2 mètres, et il a été impossible d'évaluer plus en détail sa capacité de tenue en mer (voir figure 36).

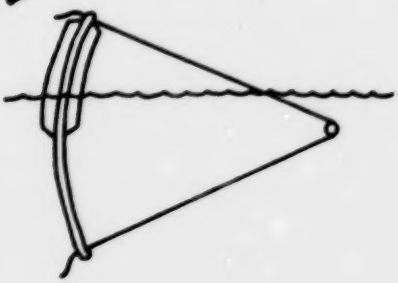
La tête d'écrémage Destroil a été placée dans la poche, à l'arrière du barrage, sans aucune difficulté. Mais il fallait être bon marin pour manoeuvrer en haute mer le long du barrage, soulever la tête d'écrémage et la passer par-dessus bord. Les tuyaux d'évacuation et les tuyaux hydrauliques n'ont pas été montés étant donné que l'écrémeur avait déjà été essayé séparément. Il semble cependant que le montage de ces tuyaux est une manoeuvre qui demande beaucoup de précision et qui serait probablement difficile à accomplir au large en cas d'intervention réelle.

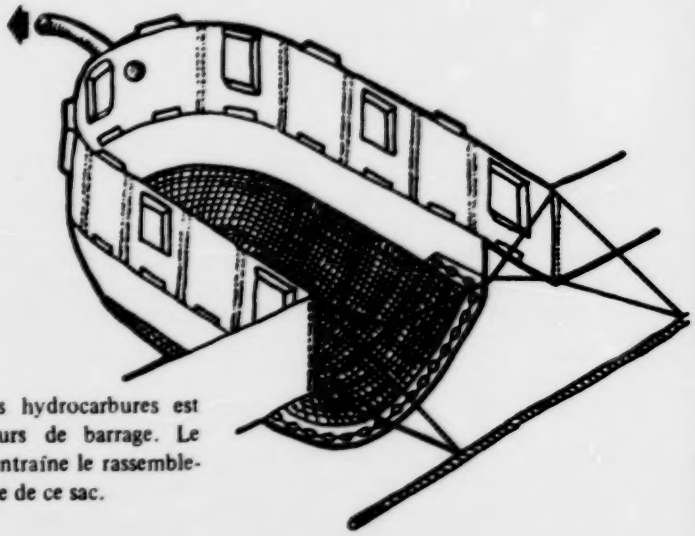
Retenue des hydrocarbures

Un baril d'hydrocarbures a été déversé devant l'embouchure du barrage et le barrage a été manoeuvré de façon à l'encercler. Ces hydrocarbures ont été dirigés de façon satisfaisante dans la poche de récupération et y sont demeurés. Trente-cinq minutes après le déversement, environ la moitié des hydrocarbures se trouvaient encore encerclés par le barrage. Une certaine quantité d'hydrocarbures a été entraînée sous le barrage mais la tête d'écrémage ne semble pas entraver la retenue des hydrocarbures. La vitesse de remorquage était d'environ 1 noeud, et il y avait probablement un certain cisaillement



La courbe de la paroi est provoquée par le câble de tension, qui est 10 p. 100 plus court que la paroi du barrage. Le barrage est fait de petites sections boulonnées. Le câble porteur est fait d'une seule venue. Les flotteurs, les lattes de support et le lest sont cousus dans la paroi du barrage.





La poche de récupération des hydrocarbures est suspendue entre deux longueurs de barrage. Le mouvement centrifuge naturel entraîne le rassemblement des hydrocarbures au centre de ce sac.

FIGURE 34 Détails de construction du TROILBOOM

TABLEAU 15 RÉSULTATS DES ESSAIS DE REMORQUAGE DU TROILBOOM, DÉPLOYÉ EN U

Essai nº	Date	État de la mer	Largeur de l'ouverture (m)	Longueur du barrage (m)	Vitesse de remorquage (m/s)	Force mesurée (N)
1	9/4/80	1-2	40	76,2	0,41	2247
2	9/4/80	1-2	46	76,2	0,36	3003
3	9/4/80	1-2	32	76,2	-	2224
4	9/4/80	1-2	37	76,2	0,15	1557
5	9/4/80	1-2	27	76,2	0,15	1223
6	9/4/80	1-2	32	76,2	0,31	2224
7	9/4/80	1-2	37	76,2	0,31	2669
8	9/4/80	1-2	27	76,2	0,31	1779
9	9/4/80	1-2	23	76,2	0,31	2113
10	9/4/80	1-2	18	76,2	0,31	2002

causé par la vague d'étrave. Le seul point préoccupant est la formation de faibles vortex dans la poche de récupération. Les pertes d'hydrocarbures semblaient plus considérables à la poche que dans n'importe quelle autre section du barrage, en raison vraisemblablement de la plus grande concentration des lignes d'écoulement à cet endroit. Il serait peut-être préférable d'éliminer cette poche et de placer l'écrémeur à la base du U.

Le câble externe, relié au haut et au bas de la toile, donne au barrage une forme convexe dans le plan vertical, comme le montre la figure 34. Ce barrage est fait pour être utilisé tel quel, sans longueurs additionnelles. Un filet se trouve au fond de la poche pour en maintenir la forme. Des membrures verticales sont incorporées dans la toile pour que le barrage conserve sa rigidité. Le bord supérieur du barrage est muni de poignées souples à intervalles réguliers. Le lest consiste en poids de fonte fixés dans le bas du barrage.

3.8.2 Analyse des essais en mer

Déploiement

Le barrage fut déployé à partir de la plage arrière du *Makkovik*. On n'eût qu'à retirer le panneau arrière de la caisse dans laquelle le barrage avait été livré. La première bride de remorquage fut attachée à une petite baleinière. Le *Makkovik* et la baleinière s'écartèrent alors lentement l'un de l'autre. Le barrage se déploya sans aucune difficulté. La deuxième bride de remorquage fut alors raccordée à la deuxième baleinière et les essais de remorquage purent commencer. Le câble de tension du Troilboom était un peu enchevêtré mais dans les conditions relativement calmes du déploiement il a pu être redressé par les baleinières. On doute que cela soit habituellement possible en mer. En dehors de cela, il n'y a eu aucun problème. Les brides et les nombreux câbles fixés au filet pourraient causer certaines difficultés de déploiement, mais toutes les complications peuvent être évitées en replaçant bien le barrage dans la caisse et en faisant attention au cours du déploiement.

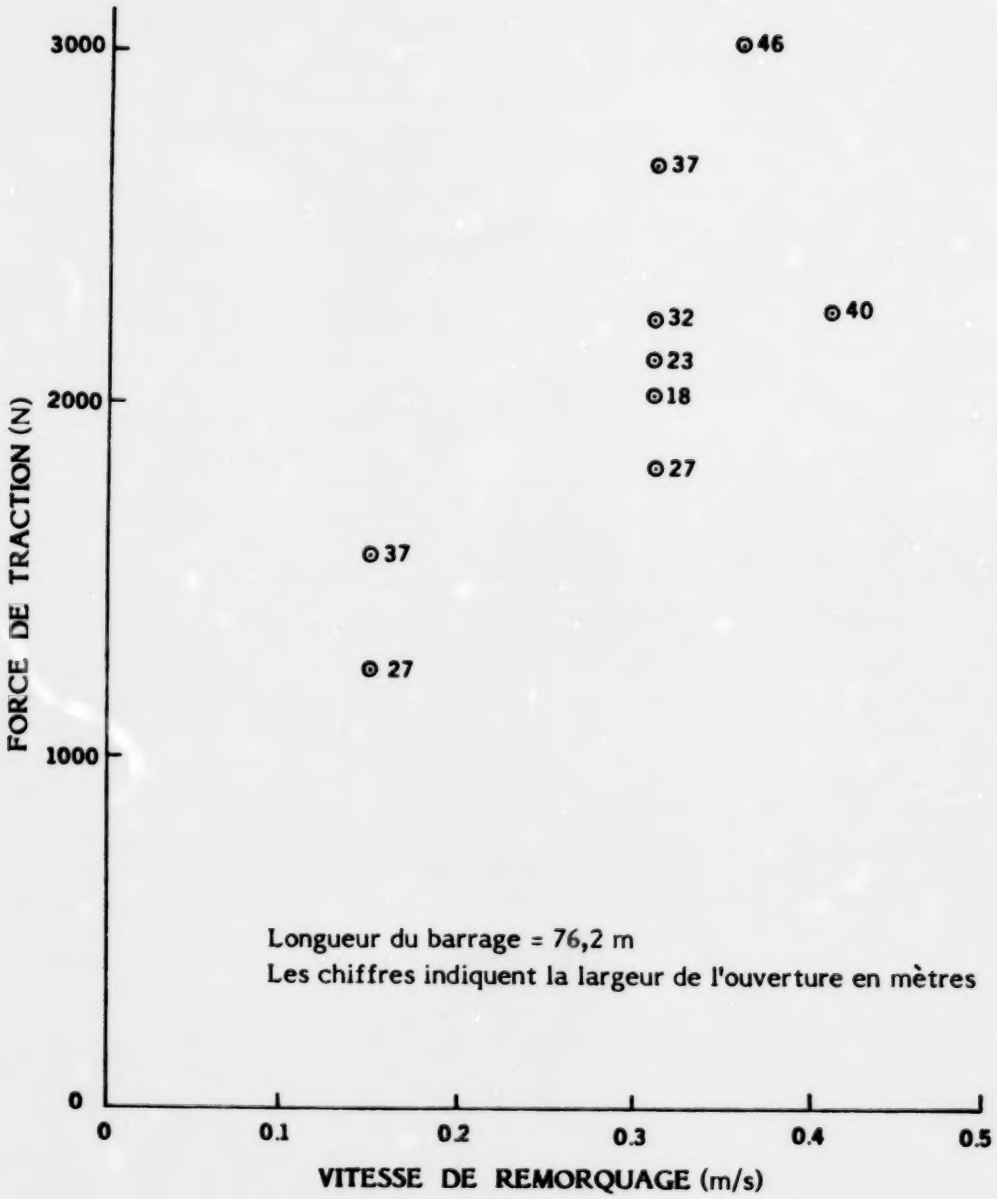


FIGURE 35 Force de traction du TROILBOOM (remorqué en U) en fonction de la vitesse de remorquage

FIGURE 36 Déploiement du Troilboom

La forme arquée du barrage n'en diminuait sûrement pas la performance en matière de récupération des hydrocarbures, mais il n'est pas certain que la légère courbure observée à une vitesse de remorquage de 1 noeud ou moins ait eu quelque effet bénéfique.

Récupération

Une fois les essais terminés, la tête d'écrémage a été remontée à bord du *Makkovik*. L'enchevêtrement du barrage a causé quelques difficultés facilement aplanies cependant vu que les essais se déroulaient en eaux calmes. Le barrage a été remorqué par le *Makkovik* jusqu'au port de St-Jean, où il a été sorti de l'eau par un camion à bras de chargement. Le barrage étant assez léger, cette opération a pu être menée à bien sans trop d'effort, mais les nombreux câbles de tension et brides avaient tendance à s'accrocher au cours de la manutention sur le quai. Ils rendent l'utilisation d'un cabestan compliquée mais non impossible. La remise en place du barrage dans sa caisse requiert quatre hommes pour que tout se déroule bien.

Évaluation générale

Le Troilboom est un barrage bien construit et bien conçu. Le rapport franc-bord/résistance à la traction semble bon et le barrage est suffisamment grand pour être utilisé au large. La flottabilité et le lestage du barrage sont bien équilibrés, ce qui en fait un barrage très léger et facile à manipuler malgré ses dimensions importantes. Pour un barrage de type non gonflable, il se range de façon compacte, bien qu'il faille faire bien attention pour éviter tout enchevêtrement des câbles et des brides de tension au moment du déploiement. Le module de déploiement mis au point pour ce barrage n'a pas été essaye. Les surfaces lisses facilitent le nettoyage. Les attaches sont tout à fait particulières parce qu'elles n'ont pas de pièces métalliques. Un système ingénieux et très

sûr de boucles et de fixations est utilisé pour relier les sections du barrage aux divers câbles. La méthode et la solidité des assemblages semblent adéquates bien que le démontage des sections puisse présenter quelques difficultés si les câbles et les attaches sont mazoutés et glacés.

3.9 VIKOMA SEAPACK

(Fabricant: Vikoma International Limited, Ashford, R.-U.)

3.9.1 Description et caractéristiques

Le Vikoma Seapack est un système complet constitué d'un barrage et un appareil de gonflage rangés dans un module de déploiement remorquable. Le barrage est fait de trois tubes (voir figure 37) soit un tube-chambre à air, un tube de lest rempli d'eau et un tube situé au-dessus du tube-chambre à air, qui est rempli d'air comprimé lors du déploiement du barrage afin d'empêcher ce dernier de se torde avant le gonflage du tube chambre à air. Ce barrage est fait en nylon revêtu de Butaclor, avec un franc-bord de 76 cm et une partie submergée de 43 cm. C'est un barrage de 488 m d'une seule venue, sans aucun raccord.

Le module de déploiement est une coque de fibre de verre pouvant contenir et déployer un barrage de 488 m. Pour le déploiement, on rabat la porte arrière de l'ensemble. Cette porte arrière contient deux bonbonnes d'air comprimé qui gonflent le tube supérieur du barrage. Une fois le barrage à l'eau, le tube-chambre à air est gonflé au moyen d'un compresseur embarqué. Le tube de lest est rempli d'eau à l'aide d'un injecteur. Le barrage est relié en permanence aux compresseurs du module de déploiement si bien que toute fuite peut être immédiatement compensée.

Aucune poignée ni aucun raccord ne sont nécessaires. La tension du barrage est entièrement assurée par la toile. L'air est évacué par des ouvertures à fermeture éclair régulièrement espacées. L'eau est évacuée en fermant l'admission et en tirant le barrage derrière le module de façon à faire sortir l'eau par l'extrémité libre.

Le barrage est récupéré à l'aide d'un palan fixé sur le quai ou sur le pont d'un navire de servitude. Au fur et à mesure que le barrage est sorti de l'eau, les fermetures éclair sont ouvertes pour évacuer l'air. Une fois détaché du module, le barrage peut être étalé pour le nettoyage. Les essais n'ont comporté aucun nettoyage. Il semble toutefois que cette opération soit aisée étant donné le type de toile utilisé et les surfaces lisses.

3.9.2 Analyse des essais en mer

Déploiement

Les mécanismes de déploiement (bonbonnes d'air, porte arrière, injecteur d'eau, pile et moteur) ont été vérifiés attentivement à la base de la Garde côtière canadienne avant le déploiement. L'embrayage centrifuge du moteur du compresseur et de la pompe à eau fut remplacé par un embrayage manuel en raison d'ennuis mécaniques. On a également vérifié l'huile et le carburant. Le module de déploiement a été mis à l'eau à l'aide des sangles fournies avec l'appareil et remorqué sans difficulté jusqu'au lieu des essais. La force de traction a été mesurée. Le moteur du module a ensuite été mis en marche, le câble de la porte arrière a été fixé à la baleinière et le déploiement a commencé. Cinq minutes plus tard, le barrage était complètement déployé dans l'eau. Le gonflage de la chambre à air a pris 15 minutes; 35 minutes après le début du déploiement, le tube de lest était rempli d'eau. Aucun problème n'a été rencontré lors du déploiement et du gonflage.

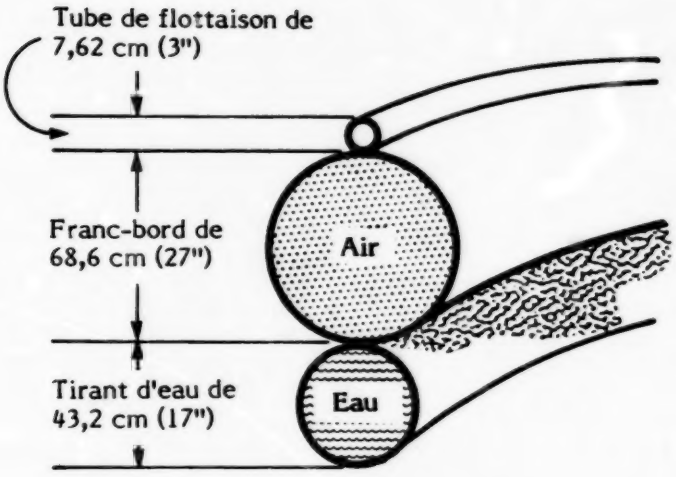


FIGURE 37 Coupe du VIKOMA Seapack

Essais

Le barrage a été maintenu en forme de U par le *Makkovik* et une baleinière. Il n'y avait aucun sillage étant donné la longueur du barrage; cependant, les conditions de l'essai reproduisaient fidèlement les conditions d'une intervention en haute mer. L'ouverture du U a été mesurée et la tenue en mer du barrage a été observée. Cette dernière était satisfaisante dans des conditions allant d'un clapotis de 10 à 15 cm à une houle de 2 mètres. Le tableau 16 indique les forces de traînée mesurées pour la traction en forme de U.

Une extrémité du barrage a été attachée à une bouée d'amarrage et le *Makkovik* a déversé un baril de pétrole à l'embouchure du U. Il s'est ensuite dirigé en aval du barrage d'où l'on a observé les caractéristiques de retenue du barrage. On a alors constaté que les tubes supérieurs et inférieurs du barrage occasionnaient des courants en montant et en descendant avec les vagues. Ces courants provoquaient un mouvement de surface perpendiculaire au barrage qui retenait le pétrole à 10 ou 30 cm du barrage. Les hydrocarbures n'ont en fait pas touché au barrage sous les vents de 7 à 8 noeuds qui soufflaient le jour de l'essai, même pas à la base du U formé par le barrage. Jamais rien de tel n'avait été observé par les personnes présentes lors des essais, ni mentionné dans la documentation. Certaines observations avaient cependant déjà été faites relativement au mouvement de pompage du Vikoma Seapack qui, dans certains types de vagues, engendrait des courants qui entraînaient les hydrocarbures sous le barrage (Norway Workshop, 1980). Au cours des essais de St-Jean, très peu d'entraînement sous le barrage et aucun éclaboussement au-dessus du barrage n'ont été observés (le franc-bord du barrage suffisait largement à empêcher ce phénomène de se produire dans les conditions relativement calmes qui régnaient).

Le volume d'hydrocarbures traité au cours des essais était insignifiant par rapport au volume d'un déversement réel. Il faudrait faire des essais contrôlés ainsi que des observations sous-marines pour confirmer le mécanisme de retenue apparente observé. Tout porte à croire que ce phénomène ne se produirait pas dans le cas d'une importante nappe d'hydrocarbures en raison de l'action du vent et des forces hydrodynamiques.

TABLEAU 16 RÉSULTATS DES ESSAIS DE REMORQUAGE DU VIKOMA SEAPACK DÉPLOYÉ EN U

Essai nº	Date	État de la mer	Largeur de l'ouverture (m)	Longueur du barrage (m)	Vitesse de remorquage (m/s)	Force mesurée (N)
1	7/4/80	1-2	61	488	0,26	1112
2	7/4/80	1-2	122	488	0,26	1112
3	7/4/80	1-2	213	488	0,26	1112
4	7/4/80	1-2	274	488	0,26	2225

Après 45 minutes, environ deux tiers des hydrocarbures déversés étaient encore contenus à l'intérieur du barrage. Ces hydrocarbures étaient concentrés à la base du U, mais demeuraient éloignés du barrage par les courants susmentionnés.

Récupération

Le barrage déployé a été remorqué dans le port par le *Makkovik* où un camion à bras de chargement et palan l'a retiré de l'eau. On a éprouvé quelques difficultés lors de la récupération, l'air ne parvenant pas à sortir par les ouvertures à fermeture éclair. Il est possible que si la récupération avait été plus lente, ce problème n'aurait pas été aussi grave; mais le barrage nuisait à la navigation dans le port et il fallait le récupérer le plus vite possible. À un certain moment, le barrage s'est retourné sur lui-même ce qui a nécessité un surcroît considérable de travail au moment du pliage.

Généralement, un homme veillait à ce que le barrage ne s'accroche pas lors de la sortie de l'eau. Deux difficultés ont surgi à cette étape de la récupération:

1. Lorsque la poulie se trouvait le plus haut et le plus en retrait possible pour que les hommes effectuant le pliage ne soient pas gênés, le barrage sortait de l'eau à un angle trop aigu pour permettre l'évacuation complète de l'air par les ouvertures à fermeture éclair. Lorsque la poulie était abaissée, le barrage sortait mieux de l'eau, mais l'équipe de pliage n'avait pas l'espace nécessaire pour le déposer facilement sur le quai.

2. À un moment donné, alors que toutes les personnes disponibles s'affairaient à étendre le barrage sur le quai, le barrage s'est accroché et une déchirure de trois mètres s'est produite dans le tube de lest. Il a donc suffi d'une simple inattention de l'équipe pour qu'une déchirure se produise, ce qui illustre la fragilité de ce barrage dans des conditions normales de manutention.

En résumé, la récupération aurait pu se faire très facilement: *a)* s'il n'y avait pas eu de courant qui poussait le barrage le long du quai; *b)* s'il n'avait pas été nécessaire de récupérer le barrage aussi rapidement; et *c)* s'il y avait eu une surface lisse sur laquelle on aurait pu tirer le barrage.

Commentaires généraux

Lorsque l'opérateur a les connaissances et le temps nécessaires pour assurer un déploiement sans encombre, le barrage Vikoma est un excellent appareil, qui peut être mis rapidement en place. Son principal inconvénient est le fait qu'il nécessite une alimentation d'air continue. Bien utilisé et entretenu, ce barrage est un système efficace de retenue des hydrocarbures.

3.10 COMPARAISON DES BARRAGES

Le tableau 17 donne une comparaison des cinq barrages essayés. La principale caractéristique d'un barrage est sa performance en matière de retenue des hydrocarbures et à ce chapitre les résultats des essais en mer ont généralement été peu satisfaisants malgré la performance du Troilboom et du Vikoma Seapack, jugées de passable à bonne. La mer était calme dans les deux cas, mais il y a eu néanmoins perte d'hydrocarbures malgré la faible quantité utilisée. La bonne performance du barrage Zooom dans les conditions artificielles des essais en bassin contraste vivement avec sa performance en mer et remet en question la validité des essais en bassin. D'autres essais en mer, faits avec des instruments plus perfectionnés, seront nécessaires pour tirer au clair cette contradiction apparente.

TABLEAU 17 ÉVALUATION DES BARRAGES MIS À L'ESSAI

Caractéristiques évaluées	Barrages				
	Zooom/AMOP	Albany Oilfence	Barrage de la USCG	Troilboom	Vikoma Seapack
1. Stabilité du barrage	4	3	4	4	4
2. Facilité de déploiement	5	4	2	4	5
3. Facilité de raccordement	1	4	3	4	N/A
4. Retenue des hydrocarbures	1-4	NT	1	3	3
5. Facilité de récupération	3	3	4	3	3
6. Facilité d'emballage	2	4	3	3	4
7. Facilité de nettoyage	4	4	3	3	4
8. Poignées	3	5	5	4	N/A
9. Points de levage	1	5	5	4	N/A
10. Points d'attache	4	5	5	5	N/A
11. Robustesse générale	3	5	4	4	3

Remarques: 1 = faible
5 = excellent
N/A = sans objet
NT = non essayé

Tous les barrages peuvent être déployés et récupérés de façon sûre et rapide, si le personnel possède une formation adéquate et que les préparatifs sont bons ils peuvent tous être remorqués en ligne droite et en forme de U. L'Albany Oil-fence présente cependant certains problèmes de torsion lorsqu'il est remorqué en U. Le système coûteux et relativement complexe de compresseur et de pompe du Vikoma Seapack nécessite beaucoup d'entretien et d'attention.

Il faut disposer d'une grue pour retirer l'Albany Oil-fence et le barrage de la U.S. Cost Guard. Avec tous ses câbles, le Troilboom est le plus difficile à nettoyer.

3.11 COEFFICIENTS DE TRAÎNÉE

Les calculs ont été faits à l'aide des données numériques recueillies à cet effet. Voici la théorie sur laquelle sont fondés les calculs et leur application:

Considérations théoriques

L'information présentée par Massey (1975) décrit la formule d'un coefficient de traînée sans dimensions pour des corps à trois dimensions dans un fluide en mouvement. Ce coefficient de traînée représente la force totale de traînée créée par ce corps en combinant les effets du frottement superficiel et de la traînée à la pression pour former un profil de cette traînée. Le coefficient non dimensionnel est exprimé de la façon suivante:

$$C_D = \frac{F}{0{,}5\,\rho\, V^2 A}$$

où C_D = coefficient réel de traînée sans dimension
F = force totale de traînée
ρ = densité du fluide
U = vitesse d'approche du fluide
A = surface totale submergée du barrage en ligne droite ou surface frontale projetée du barrage déployé en U perpendiculaire au champ de vitesse.

Un coefficient local de traînée, basé sur les seules caractéristiques de la surface du barrage, n'a pu être calculé pour les barrages remorqués en forme de U étant donné que la forme du barrage n'a pas été mesurée au cours des essais. Cette configuration est nécessaire pour établir les éléments de vélocité perpendiculaires au barrage qui, à leur tour, sont utilisés pour calculer le coefficient de traînée.

Comme nous venons de le mentionner, le coefficient réel de traînée reflète les caractéristiques de la résistance du barrage essayé seulement lorsque ce dernier est considéré comme une unité complète. À dire vrai, les coefficients réels de traînée calculés ne sont valables que pour des barrages identiques utilisés dans les mêmes conditions.

Résultats des essais en mer

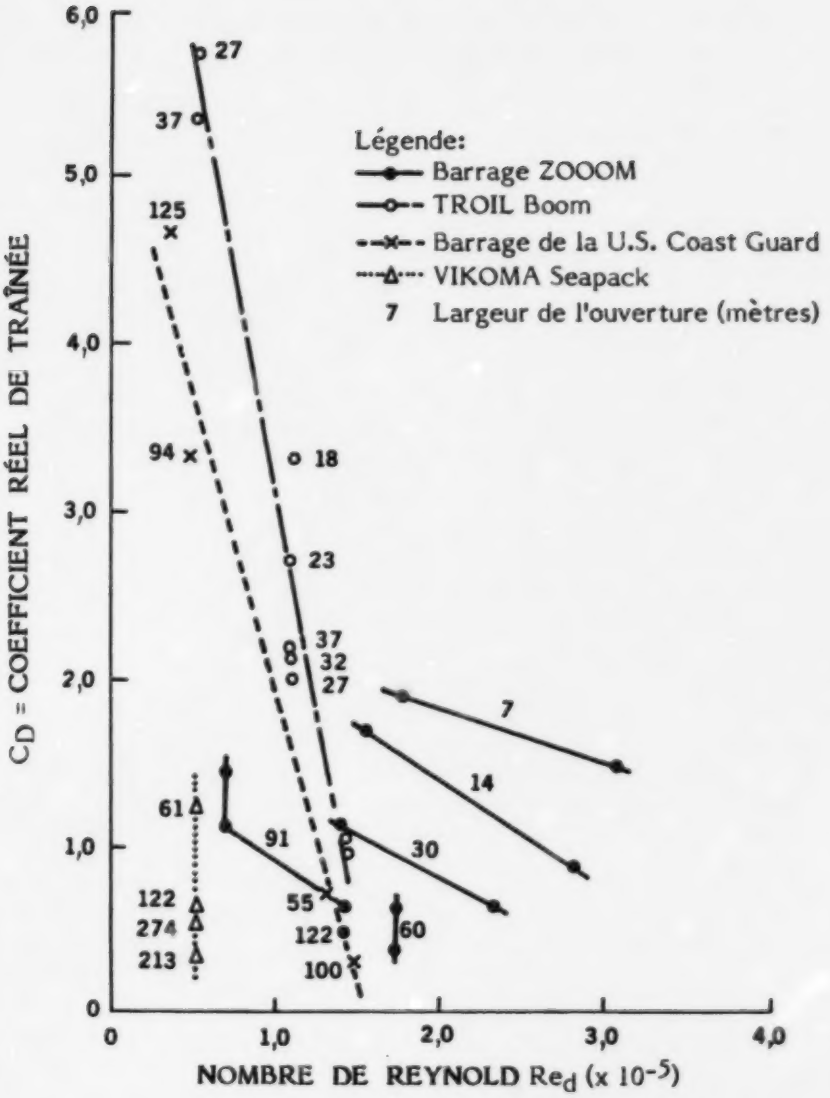
Les renseignements enregistrés au cours des essais d'évaluation des barrages ont permis de calculer le coefficient réel de traînée pour deux formes de remorquage. La force de traînée totale, la vitesse du barrage relativement à l'eau et les dimensions du barrage ont toutes été mesurées au cours des essais.

Une densité de 1000 kg/m^3 et une viscosité cinématique de 2 x 10^{-6} m^2/s ont été prises comme hypothèse pour évaluer par approximation les propriétés du fluide dans le calcul final.

Les coefficients réels de traînée des barrages remorqués en forme de U ont été calculés à l'aide de l'équation (1), l'élément superficie étant la largeur de l'ouverture multipliée par la profondeur d'immersion du barrage. La superficie utilisée dans l'analyse du remorquage en ligne droite était la surface totale immergée du barrage (des deux côtés).

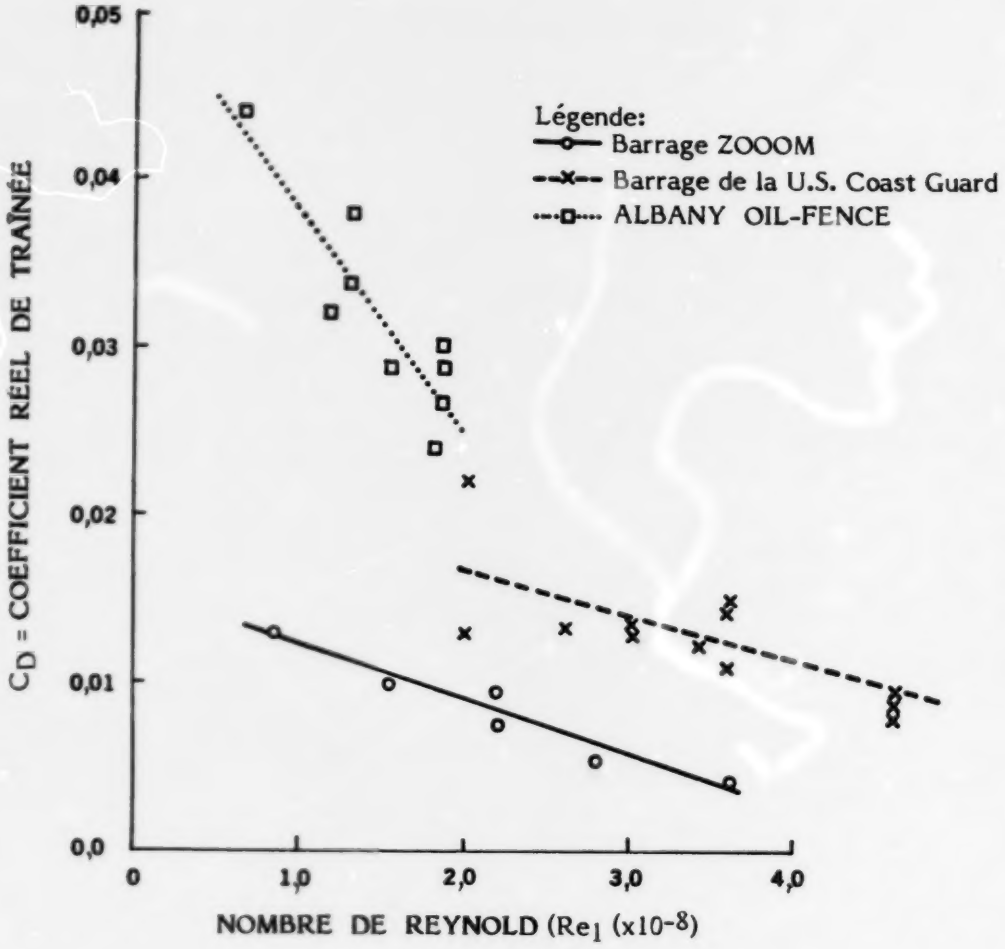
Les coefficients de traînée ont été calculés seulement en mer calme, dans des mers de force 0 à 1 ou 1 à 2 à l'échelle de Beaufort, étant donné que la majorité des essais ont été faits dans ces conditions. L'utilisation d'une mer calme pour toutes les évaluations sert également de dénominateur commun pour comparer les divers types de barrage.

Les coefficients réels de traînée ainsi calculés ont été tracés sur des graphiques par rapport à leurs nombres de Reynold et sont présentés à la figure 38 et à la figure 39. Re_d correspond à un nombre de Reynold calculé pour la dimension caractéristique de la profondeur du barrage et Re_l est calculé pour la longueur du barrage.



Note: Les lignes ont été tracées seulement pour illust. er les tendances.

FIGURE 38 Coefficients réels de traînée (remorquage en U)



Note: Les lignes ont été tracées seulement pour illustrer les tendances.

FIGURE 39 Coefficients réels de traînée (remorquage en ligne droite)

Conclusions et recommandations

4.1 PROGRAMME D'ESSAI DES ÉCRÉMEURS

Six écrémeurs de dimension, d'application et de principe de récupération différents ont été évalués dans le cadre de ce programme. Voici les conclusions générales; pour des commentaires plus précis, voir l'analyse de chaque appareil:

1. Le Destroil et l'écrémeur Arctique Versatech sont, des appareils essayés, les seuls qui peuvent résister au large dans une mer modérée. Il faudra cependant les soumettre à d'autres essais afin de confirmer leur valeur dans ce milieu. Les écrémeurs semblent pouvoir récupérer une vaste gamme d'hydrocarbures, mais ils ont de la difficulté à traiter du bunker froid directement à la surface de l'eau.

2. Le Skim-Pak peut être utile dans du pétrole brut ou d'autres produits de faible viscosité, en eaux calmes. Le débit de récupération dépendrait de la présence d'installations de séparation des hydrocarbures et de l'eau et de l'épaisseur de la couche d'hydrocarbures.

3. Le Slicklicker essayé s'est avéré utile pour la récupération de bunker et de débris, à partir du rivage.

4. Le Little Giant et le Morris MI-80 n'étaient pas encore commercialisés lors de nos essais. Le premier est prometteur pour la récupération du bunker, mais le Morris MI-80 demande de profondes modifications.

4.2 PROGRAMME D'ESSAI DES BARRAGES

Six barrages de dimensions et de formes différentes ont été essayés. Voici les conclusions qui complètent les commentaires détaillés faits au cours de l'analyse de chaque appareil:

1. Le barrage de la U.S. Coast Guard est résistant, bien conçu et très bien construit. D'autres essais en mer sont nécessaires pour évaluer sa valeur en zone littorale par rapport au large ainsi que sa capacité de rétention des hydrocarbures.

2. Les barrages AMOP et Zooom ont fait preuve d'une bonne capacité de retenue des hydrocarbures lorsqu'ils sont déployés de façon adéquate. Il a été prouvé que la longueur du câble de tension inférieur est un facteur important.

3. Les données recueillies au cours des essais de remorquage des barrages en ligne droite et en forme de U seront certainement utiles pour la conception et la construction de nouveaux barrages, notamment pour le choix des matériaux. Tous les barrages essayés avaient une résistance et une durabilité suffisantes pour supporter les charges qui leur seraient imposées dans des conditions réelles d'intervention.

4. Les essais ont permis d'établir que n'importe quel bateau de pêche côtière d'une puissance de 80 hp peut déployer un barrage de 300 mètres à une vitesse de l'eau de 0,65 m/s. Dans un port, des hors-bords d'une puissance de 30 hp suffisent à manoeuvrer un tel barrage. Dans les deux cas, les forces de remorquage sont si faibles (moins de 500 kg) que la sélection des vitesses importe peu.

Références

Abdelnour, R., W.F. Purves et W.G. Wallace, "Field Evaluation of Eight Small Stationary Skimmers", Service de la protection de l'environnement, Rapport sur le développement technologique, mai 1978.

Abdelnour, R., W.F. Wallace, G. Comfort, B. Menon et W.F. Purves, "Laboratory Evaluation of Skimmers and Pumps", rapport soumis à la Division des interventions d'urgence, Environnement Canada, avril 1979.

Massey, B.S., Mechanics of Fluids, 3rd Edition, Van Nostrand Reinhold Company Ltd., Toronto, 1975.

Murray, S.P., "Wind and Current Effects on Large-Scale Oil Slicks", Offshore Technology Conference Paper, 2389, 1975.

Purves, W.F. et R. Abdelnour, "The Performance of Weir Skimmers", rapport soumis au Service de la protection de l'environnement, Ottawa, mai 1978.

Solsberg, L., W.G. Wallace et M. Dunne, "Field Evaluation of Oil Spill Recovery Devices: Phase Two", Service de la protection de l'environnement, Rapport sur le développement technologique, EPS-4-EC-77-14, décembre 1977.

Atelier sur les barrages de retenue des hydrocarbures et les écrémeurs, Marine Technology Centre, Trondheim, Norvège, novembre 1980.

Annexe I

GENRES ET PROPRIÉTÉS DES HYDROCARBURES UTILISÉS LORS DES ESSAIS À ST-JEAN (T.-N.)

Annexe I Genres et propriétés des hydrocarbures utilisés lors des essais à St-Jean (T.-N.)

Genre d'hydrocarbures	Propriétés des hydrocarbures					
	Densité	Densité spécifique	Viscosité		Point d'écoulement	Soufre
	API	g/m^3	SSU	Pa . s	°C	% du poids
Bunker	14,5	0,97	510	0,0096	1,66	2,60
Brut vénézuélien BCF	24	0,91	146	0,028	-40	2,0

Annexe II

JOURNAL DES ESSAIS
À ST-JEAN (T.-N.)

Annexe II Journal des essais à St-Jean (T.-N.)

29 février	Essai du Little Giant avec du bunker.
1er mars	Essai de l'écrémeur Destroil avec du bunker.
3 mars	Début de l'essai du Morris MI-80 - difficultés mécaniques.
4 mars	Essai du Slicklicker avec du bunker à Port Mulgrave (Nouvelle-Écosse).
5 mars	Essais de manoeuvre du Morris MI-80.
6 mars	Essai du Morris MI-80 avec du pétrole brut. Essai du Skim-Pak avec du pétrole brut.
7 mars	Déploiement et remorquage des barrages AMOP, Zooom et Albany Oil-fence.
8 mars	Essai de l'écrémeur Versatech Arctique avec les barrages AMOP et Zooom. Essai des caractéristiques de retenue des hydrocarbures du barrage Zooom. Essai du barrage Zooom, disposé en forme de U.
10 mars	Essais des barrages AMOP, Zooom et Albany Oil-fence, disposés en forme de U.
11 mars	Essais de remorquage en ligne droite et en forme de U des barrages AMOP et Zooom. Récupération des barrages AMOP, Zooom et Albany Oil-fence.
13 mars	Déploiement du barrage de la U.S. Coast Guard. Remorquage en ligne droite du barrage de la U.S. Coast Guard.
17 mars	Regonflage de la section inférieure du barrage de la U.S. Coast Guard. Essais du barrage de la U.S. Coast Guard, disposé en forme de U. Essais de retenue des hydrocarbures avec le barrage de la U.S. Coast Guard.
8 avril	Déploiement du barrage Vikoma Seapack. Remorquage en ligne droite et en forme de U du barrage Vikoma Seapack. Essais de retenue des hydrocarbures avec le barrage Vikoma Seapack. Récupération du barrage Vikoma Seapack.
9 avril	Essai de l'écrémeur Arctique Versatech. Remorquage en ligne droite. Essai du Troilboom. Déploiement, essais de remorquage en forme de U, de retenue des hydrocarbures et de tenue en mer, et récupération du Troilboom.
10 avril	Récupération du barrage de la U.S. Coast Guard.

Annexe III

CONDITIONS ATMOSPHÉRIQUES
À ST-JEAN (T.-N.)

Annexe III **Conditions atmosphériques à St-Jean (T.-N.)**
(Bureau météorologique de l'aéroport)

Date	Température moyenne (°C)	Vent moyen		État présumé de la mer*
		Direction	Vitesse (noeuds)	
29 février	-2	E.	12	2
1er mars	-7	O.S.-O.	20	2
5	-1	O.S.-O.	13	2
6	5	S.S.-O.	20	3
7	-3	O.	10	1
8	1	S.-O.	10	1
10	-5	N.-O.	15	3
11	-2	S.-E.	18	3
13	-5	O.	23	3
17	-4	N.-O.	13	3
8 avril	1	N.-E.	7	1
9	6	N.-E.	5	1

* D'après l'échelle de l'état de la mer, avec pondération estimative pour l'abri offert par les terres vers l'ouest.